

ÉTUDE DE FAISABILITÉ DU DÉPLOIEMENT DE L'INDUSTRIE DES INSECTES DESTINÉS À LA
CONSOMMATION HUMAINE AU QUÉBEC

Par
Médhavi Dussault

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue de
l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Madame Louise Hénault-Éthier

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Janvier 2017

SOMMAIRE

Mots clés : industrie des insectes, entomophagie, analyse des enjeux, production d'insectes, insectes destinés à la consommation humaine, valeurs nutritionnelles, consommation d'insectes

Dans un monde limité où les ressources sont finies, la croissance de la population entraîne une demande en denrées alimentaires qui accentue la pression sur les écosystèmes. Les ressources agricoles étant déjà surexploitées et entraînant des impacts importants sur l'environnement, le développement d'alternatives alimentaires prend son sens. Une de ces alternatives est l'industrie des insectes. Les insectes semblent posséder les avantages permettant d'en faire un aliment de choix.

L'objectif de cet essai est d'analyser les enjeux liés à cette industrie au Québec afin d'évaluer s'ils sont favorables à son essor et afin de proposer des recommandations aux acteurs principaux de l'industrie. Comme au Québec il s'agit d'une industrie émergente misant sur un produit nouveau, mais pas intégré dans la culture, une vue d'ensemble complète est nécessaire pour en obtenir une bonne compréhension. Pour y arriver, six enjeux principaux de l'industrie ont été analysés : environnementaux, sociaux, nutritionnels, économiques, législatifs et techniques. Chacun d'eux a été classifié comme étant favorable ou défavorable au déploiement de l'industrie et les lacunes identifiées ont permis de recommander des stratégies aux acteurs de l'industrie.

L'analyse des six enjeux a permis d'obtenir un état de la situation objectif. D'un point de vue environnemental, la production d'insectes fait bonne figure avec des impacts plus faibles que les autres types d'élevage. Les émissions de gaz à effet de serre autant que la consommation d'énergie, l'utilisation de l'espace et la consommation d'eau seraient toutes à l'avantage des insectes. En plus, dans certaines circonstances, les insectes peuvent être élevés avec des résidus organiques, minimisant encore leur empreinte écologique. Au niveau social, les résultats d'un sondage ont permis de comprendre que les gens avaient un certain degré d'ouverture à la pratique et que plusieurs étaient prêts à essayer de consommer des insectes. Toutefois, tous n'y sont pas ouverts et plusieurs freins, comme les attitudes de dégoût, sont à prendre en considération. Les valeurs nutritionnelles des insectes sont intéressantes, surtout d'un point de vue protéique. Les enjeux économiques constituent un frein à l'industrie, surtout du côté du financement, du prix et de la disponibilité des produits. La législation de l'industrie des insectes est la même que pour le reste de l'industrie alimentaire et se partage entre le gouvernement fédéral et provincial majoritairement. La production d'insectes même n'est pas réglementée, pouvant causer des problèmes de salubrité. Finalement, d'un point de vue technique, élever des insectes n'est pas particulièrement difficile, mais l'expertise est encore manquante. Pour favoriser l'essor de l'industrie, douze recommandations sont proposées dont : faciliter le financement des nouvelles entreprises, évaluer l'innocuité de plus d'espèces d'insectes, établir des mesures de prévention pour les dangers allergènes, optimiser les techniques d'élevage, améliorer l'information du public et augmenter l'offre de produits.

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier ma directrice d'essai, Louise Hénault-Éthier, qui a su me guider, m'apprendre et me conseiller judicieusement. Merci pour ta grande patience et ta volonté à me faire me dépasser pour réaliser un travail toujours de plus grande qualité. Tes réflexions m'ont permis d'être plus critique quant au travail, mais également d'aiguiser les miennes pour le futur. Merci énormément!

Merci à tous ceux ayant pris le temps de me conseiller pour certaines sections du travail. Merci à Gale Ellen West pour son aide dans l'élaboration et l'analyse du sondage, ainsi qu'à Anne Guérinel pour m'avoir orienté pour les questions du sondage. Merci à Aziz Mouden pour son aide en analyse statistique. Un grand merci à tous les intervenants qui ont accepté de me transmettre leurs précieuses connaissances : Judith Beaudoin, Sonia Plante, Marie-Loup Tremblay, Étienne Normandin, Laura Shine et Emmanuel Caron-Garant. Un remerciement particulier à Marjorie Nobert pour sa correction minutieuse permettant de cerner les fautes les plus complexes, même dans les coins les plus sombres.

Merci au Journal de Montréal et au Bulletin des Agriculteurs d'avoir relayé le lien menant au sondage et permettant ainsi d'atteindre plus de gens.

Je souhaite aussi dire merci à tous mes collègues de la maîtrise avec qui j'ai partagé des moments mémorables et qui m'ont beaucoup apporté dans le passé et pour l'avenir. Merci à Étienne d'avoir partagé les moments de labeur liés à ce travail.

Merci à mon entourage, mes amis, ma famille, d'avoir cru en moi et de m'avoir encouragé à persévérer jusqu'à la fin. L'aventure ne fait que commencer.

Finalement, merci à monoureuse Rose-Marie. Merci pour ton soutien indéfectible et ta volonté de me voir achever cette étape de ma vie. Merci d'avoir su me confronter et de m'avoir conseillé et soutenu tout au long de ce travail. Merci pour ton esprit vif et ton organisation du temps me permettant d'atteindre mes objectifs.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
1. PROBLÉMATIQUE ET MISE EN CONTEXTE	3
1.1 Portrait québécois – Un peu d’histoire	4
1.2 Portrait à l’international	6
1.2.1 Amérique du Nord	7
1.2.2 Europe.....	7
1.2.3 Mexique et Amérique du Sud.....	8
1.2.4 Asie	8
1.2.5 Afrique.....	9
1.2.6 Océanie.....	9
2. IDENTIFICATION DES PARTIES PRENANTES.....	10
3. ANALYSE DES ENJEUX	15
3.1 Enjeux environnementaux	15
3.1.1 Émissions de gaz à effet de serre et d’ammoniac	15
3.1.2 Consommation d’énergie	18
3.1.3 Utilisation de l’espace	20
3.1.4 Consommation d’eau	22
3.1.5 Gestion des matières résiduelles.....	23
3.1.6 Conversion alimentaire	26
3.1.7 Comparaison avec d’autres aliments.....	27
3.1.8 Limites de l’analyse.....	29
3.1.9 Impacts de l’importation par rapport à la production locale	31
3.1.10 Bien-être animal.....	31
3.2 Enjeux sociaux	33
3.2.1 Relation avec les insectes	33
3.2.2 Acceptabilité sociale	35
3.3 Enjeux nutritionnels	47
3.3.1 Espèces consommées.....	47

3.3.2	Valeurs nutritionnelles.....	49
3.3.3	Limites de l'analyse.....	56
3.3.4	Dangers liés à la consommation.....	56
3.4	Enjeux économiques	58
3.4.1	Potentiel de marché	58
3.4.2	Financement	61
3.4.3	Communication et marketing	62
3.4.4	Prix et disponibilité des produits	63
3.5	Enjeux législatifs.....	67
3.5.1	Législation pour la production d'insectes destinés à la consommation humaine	67
3.5.2	Législation pour les autres utilisations des insectes	69
3.6	Enjeux techniques	71
3.6.1	Méthodes de production	71
3.6.2	Infrastructures et équipements	72
3.6.3	Espèces d'insectes favorables.....	73
3.6.4	Développement d'expertise	74
4.	RÉSULTATS	75
5.	RECOMMANDATIONS.....	78
5.1	Aux gouvernements.....	78
5.2	Aux producteurs	79
5.3	Aux transformateurs	80
5.4	À l'ensemble des acteurs de l'industrie	80
	CONCLUSION.....	82
	RÉFÉRENCES	84
	BIBLIOGRAPHIE	98
	ANNEXE 1 – RECENSEMENT DES ENTREPRISES EN LIEN AVEC L'UTILISATION D'INSECTES AU CANADA.....	100
	ANNEXE 2 – LIENS VERS DES LISTES D'ENTREPRISES EN LIEN AVEC L'UTILISATION D'INSECTES PARTOUT DANS LE MONDE	102

ANNEXE 3 – RATIO DE CONVERSION DU TÉNÉBRION MEUNIER ET DU GRILLON DOMESTIQUE SELON DIFFÉRENTES CONDITIONS	103
ANNEXE 4 – APPLICATION ET OBJECTIFS DES SIX ACV EFFECTUÉS À CE JOUR SUR DES INSECTES.....	104
ANNEXE 5 – LISTE DES QUESTIONS DU SONDAGE.....	105
ANNEXE 6 – LIENS VERS LES QUESTIONS, RÉPONSES ET TESTS STATISTIQUES DU SONDAGE.....	107
ANNEXE 7 – NOM ABRÉGÉ DES QUESTIONS DU SONDAGE POUR ANALYSE STATISTIQUE	108
ANNEXE 8 – VALEURS NUTRITIONNELLES DE DIFFÉRENTS INSECTES	110
ANNEXE 9 – PRIX DES PRODUITS UTILISÉS À TITRE COMPARATIF AVEC LES PRODUITS D'INSECTES	115
ANNEXE 10 – LISTE DES INTERVENANTS CONTACTÉS	118

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Nombre d'espèces comestibles recensées à travers le monde	6
Figure 2.1	Organigramme des parties prenantes	14
Figure 3.1	PRP de la production d'un kilogramme de protéines.....	18
Figure 3.2	Énergie utilisée pour la production d'un kilogramme de protéines	19
Figure 3.3	Espace requis pour la production d'un kilogramme de protéines	21
Figure 3.4	Unité mobile d'élevage d'insectes d'Entomo Farm	22
Figure 3.5	Pourcentage comestible et conversion alimentaire du grillon comparé à celles des viandes conventionnelles.....	26
Figure 3.6	Données sociodémographiques du sondage.....	38
Figure 3.7	Réponses à la question « Avez-vous déjà consommé des insectes? », selon le sexe et le revenu des répondants	39
Figure 3.8	Réponses à la question : « Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? », selon le sexe des répondants	40
Figure 3.9	Réponses à la question « Pour quelles raisons n'en avez-vous jamais consommé? », selon le sexe et l'âge des répondants	41
Figure 3.10	Réponses à la question : « Seriez-vous prêt à essayer? », selon le sexe et l'âge des répondants	42
Figure 3.11	Réponses à la question : « Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes? », selon le sexe des répondants.....	43
Figure 3.12	Réponses à la question : « Pensez-vous que les insectes pourraient constituer une source de protéines intéressante pour remplacer votre consommation de viande? », selon le sexe et l'âge des répondants	44
Figure 3.13	Cadre motivationnel de l'entomophagie.....	46
Figure 3.14	Nombre et pourcentage d'espèces, par ordre, consommées dans le monde	47
Figure 3.15	Teneur en acides aminés par ordre d'insectes comparée aux besoins humains.....	51
Figure 3.16	Croissance de l'industrie des insectes aux États-Unis	60
Figure 3.17	Site de production d'Entomo Farms et d'Enterra Feed	72

Tableau 2.1	Description des parties prenantes.....	10
Tableau 3.1	Contribution du secteur de l'élevage aux émissions globales de gaz à effet de serre	16
Tableau 3.2	Production de gaz à effet de serre (CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ éq.) et d'ammoniac (NH ₃) par kilogramme de gain de masse pour cinq espèces d'insectes, porcs et bœufs	17
Tableau 3.3	Espace requis pour la production de viande et pour la production de protéines (porc, poulet, bœuf, lait et œufs).....	20
Tableau 3.4	Comparaison des impacts environnementaux de la production d'un kilogramme de protéines pour les ténébrions meuniers et d'autres aliments végétaux et animaux riches en protéines.....	28
Tableau 3.5	Catégories d'impacts environnementaux analysées dans la littérature	30
Tableau 3.6	Teneurs en protéines brutes des insectes	50
Tableau 3.7	Variations de la teneur en protéines des différents stades du criquet puant tout au long de ses métamorphoses successives, État d'Ogun, Nigéria	51
Tableau 3.8	Exemples des valeurs énergétiques d'espèces d'insectes préparées de différentes façons, par région	52
Tableau 3.9	Comparaison entre les valeurs protéiques et énergétiques des insectes avec d'autres aliments.....	53
Tableau 3.10	Teneurs moyennes en acides gras par ordre d'insectes	54
Tableau 3.11	Doses journalières recommandées de minéraux essentiels comparées aux teneurs constatées dans la chenille mopane.....	55
Tableau 3.12	Prix de différents produits d'insectes et type de magasins où ils sont disponibles	63
Tableau 3.13	Comparaison du prix entre les produits d'insectes et d'autres produits similaires.....	65
Tableau 3.14	Caractéristiques des insectes propices aux systèmes automatisés de production	73
Tableau 4.1	Résumé de l'analyse en aspects favorables et défavorables à l'essor de l'industrie	75

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
ACV	Analyse de cycle de vie
AGMI	Acides gras mono insaturés
AGPI	Acides gras polyinsaturés
AGS	Acides gras saturés
ANOVA	Analyse de la variance
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)
Ca	Calcium
CDB	Convention sur la diversité biologique
CEEBIOS	Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis (France)
CH ₄	Méthane
Cl	Chlore
CITES	<i>Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora</i>
CLD	Centre local de développement
CNRS	Centre nationale de la recherche scientifique
CO ₂	Dioxyde de carbone
Cu	Cuivre
EM	Évaluation des écosystèmes pour le millénaire
ESB	Encéphalopathie spongiforme bovine
FADQ	La Financière agricole du Québec
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
Fe	Fer
g	Grammes
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
I	Iode
INSPQ	Institut National de Santé Publique du Québec
K	Potassium
Kcal	Kilocalories
kg	Kilogrammes
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

m ²	Mètre carré
mg	Milligramme
Mg	Magnésium
MJ	Mégajoules
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
Na	Sodium
MRC	Municipalité régionale de comté
N	Azote
NAEIC	<i>North American Edible Insects Coalition</i>
N/D	Non déterminé
NH ₃	Ammoniac
N ₂ O	Protoxyde d'azote (ou oxyde nitreux)
P	Phosphore
pi ²	Pied carré
PRP	Potentiel de réchauffement planétaire
SCIAN	Système de classification des industries en Amérique du Nord
s.d.	Sans date
SEQ	Société d'entomologie du Québec
SRAS	Syndrome respiratoire aigu sévère
UPA	Union des producteurs agricoles
Zn	Zinc

LEXIQUE

Cuticule	Couche externe dure et imperméable du revêtement de divers animaux (Larousse, s.d.a).
Endogène	Qui est produit par la structure elle-même en dehors de tout apport extérieur (Larousse, s.d.b).
Entomophagie	Régime alimentaire de l'être humain qui se nourrit d'insectes (Dictionnaire Reverso, 2016)
Exosquelette	Formation squelettique animale externe (coquille des mollusques, carapace des arthropodes, etc.) dont la face interne sert de surface d'attache aux muscles (Larousse, s.d.c).
Exuvie	Ancienne cuticule rejetée à l'occasion de chaque mue chez les arthropodes (Larousse, s.d.d).
Hygrométrie	Partie de la météorologie qui étudie la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air (Larousse, s.d.e).
Imago	Forme définitive, adulte et sexuée, des insectes à métamorphose (Librairie Flammarion et cie, 1982)
Innocuité	Caractère de ce qui n'est pas toxique, nocif (Larousse, s.d.f).
Méthanogène	Se dit d'une bactérie qui produit du méthane (Office québécois de la langue française, 1998).
Nociception	Composante neurophysiologique de la douleur, qui assure la perception des stimulus capables de menacer l'intégrité de l'organisme de même que l'analyse de leurs caractéristiques sur le plan de l'intensité, de la qualité et de l'appréciation spatio-temporelle (Office québécois de la langue française, 1999).
Nymphe	Chez les insectes à métamorphose vraie, état intermédiaire entre la larve et l'adulte au cours duquel se produit la métamorphose (Agence de coopération culturelle et technique, 1977).
Ontogénie	Développement de l'individu, depuis l'œuf fécondé jusqu'à l'état adulte (Larousse, s.d.g).
Poïkilotherme	Se dit d'un animal à température interne variable en fonction de la température du milieu où il se trouve (Larousse, s.d.h).
Pupe	Stade immature, généralement immobile, de certains diptères, entre la larve et l'adulte (Office québécois de la langue française, 1990).
Services écosystémiques	Avantages matériels ou immatériels que l'homme retire des écosystèmes (Commission d'enrichissement de la langue française (France), 2013).

INTRODUCTION

L'agriculture et, par le fait même, l'alimentation constituent des enjeux importants pour l'humanité et deviendront de plus en plus critiques dans les décennies à venir. La croissance ininterrompue de la population devrait augmenter le nombre d'humains à près de 9 milliards d'individus vers 2050 (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2009a). Cela implique une augmentation des besoins en denrées alimentaires proportionnelle au nombre de bouches à nourrir. Cette nouvelle demande en ressources agricoles, alliée au fait que les cultures seront également de plus en plus utilisées à des fins industrielles plutôt qu'alimentaires, mettra à rude épreuve les ressources agricoles déjà insuffisantes (FAO, 2009a). En effet, la production de nourriture devrait augmenter de 70 %, ce qui constitue une quantité additionnelle d'environ un milliard de tonnes de céréales et plus ou moins 200 millions de tonnes de viande. Les estimations de la FAO font état d'une augmentation de la surface arable de 70 millions d'hectares. Cette demande accrue en denrées alimentaires aura un effet sur les ressources naturelles autour du monde qui tendent déjà à démontrer des signes alarmants de dégradations (FAO, 2009a). En effet, selon *l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire* (EM), 15 des 24 services écosystémiques, qui sont les services accomplis par la biodiversité pour soutenir le fonctionnement des écosystèmes et donc la survie de l'homme, sont actuellement dégradés ou utilisés de manière non durable (Convention sur la diversité biologique [CDB], 2011). Or, des actions visant à intensifier certains services écosystémiques, comme la production de nourriture, causent souvent la détérioration d'autres services écosystémiques. En lien avec l'agriculture, on pense notamment à la perte de qualité nutritionnelle des sols, l'érosion, la désertification, l'épuisement des réserves d'eau et la perte de forêts tropicales et de biodiversité (FAO, 2009a).

D'un point de vue alimentaire, les denrées sont loin d'être bien réparties. Même si l'ouverture des marchés a permis une augmentation de l'offre des produits dans les pays développés, elle n'a pas aidé à améliorer le problème de la faim dans le monde. Le nombre de personnes chroniquement sous-alimentées et souffrant de problèmes de malnutrition s'est accru dans le monde. La quantité de personnes sous-alimentées au début des années 1990 était évaluée à 842 millions alors qu'on l'estime à plus d'un milliard de personnes en 2009 (FAO, 2009a). Cette situation serait majoritairement la conséquence des récentes crises financières et de l'augmentation drastique du prix des aliments malgré une augmentation record de la production (FAO, 2009a).

Pour arriver à surpasser cette problématique, la FAO a établi que la solution passe par des investissements et la mise en place de politiques favorables à la production agricole partout dans le monde (FAO, 2009a). Toutefois, la FAO a également ciblé d'autres solutions qui peuvent contribuer à répondre aux enjeux alimentaires. L'une d'entre elles est de développer l'industrie des... insectes! Bien que dans les pays occidentalisés la consommation d'insectes ne soit pas une pratique courante, ce n'est pas le cas partout dans le monde. Les insectes pourraient représenter une partie de la solution pour nourrir le monde tout en réduisant les impacts négatifs sur l'environnement.

Cet essai se penche ainsi sur une analyse de l'industrie des insectes destinés à la consommation humaine au Québec. L'objectif principal de ce travail est d'analyser les enjeux liés à cette industrie afin d'évaluer s'ils sont favorables à son essor et de proposer des recommandations. Pour y parvenir, trois objectifs spécifiques ont été définis. Le premier est de dresser le portrait actuel de la situation au Québec quant aux insectes et leur industrie et d'obtenir un aperçu à l'international. Le second vise à identifier les parties prenantes qui sont liées à cette industrie. Finalement, le troisième est d'évaluer le comportement et la perception des Québécois et autres occidentaux face à la pratique de l'entomophagie.

Les recherches permettant l'atteinte de ces objectifs sont basées sur des sources crédibles et pertinentes. La majeure partie des références citées dans le texte proviennent de documentations scientifiques vérifiées et validées par des critères rigoureux. Ces critères portent notamment sur la provenance de chaque source, la réputation des auteurs, la pertinence de l'information, la date de publication, l'objectivité des données et le référencement par les pairs. C'est pourquoi les informations proviennent majoritairement de recherches scientifiques, de publications révisées par les pairs et de publications d'organisation gouvernementales et non gouvernementales reconnues. De surcroît, afin d'obtenir de l'information sur la réalité terrain et d'actualité des entreprises de cette industrie, quelques articles journalistiques et sites web d'entreprises ont été consultés et des entrevues avec des entrepreneurs et experts du domaine ont été réalisées. La préparation d'un questionnaire complet était toujours préalable à la tenue des entrevues.

La structure de cet essai se divise en cinq chapitres distincts. Le premier chapitre énonce la problématique et effectue une mise en contexte des éléments pertinents à savoir sur le sujet. Pour ce faire, un portrait historique et actuel de la pratique de consommer des insectes au Québec est décliné. On y retrouve également des informations sur l'état de la pratique à l'international et sur la répartition des insectes comestibles dans le monde. Le deuxième chapitre dresse l'inventaire des parties prenantes qui sont liées à l'industrie des insectes destinés à la consommation humaine. Une description du rôle de chaque partie prenante est faite en fonction de leur importance qu'une figure de relation vient appuyer. Le chapitre trois constitue le cœur du travail et est constitué de l'analyse des enjeux. Divisé en six sous-sections, ce chapitre porte sur les enjeux environnementaux, sociaux, nutritionnels, économiques, législatifs et techniques. Plusieurs éléments sont abordés dans chacune des sous-sections. Le chapitre quatre sert de récapitulatif de l'analyse et vient condenser les résultats afin de valider quels enjeux sont favorables ou défavorables à l'industrie et les raisons qui en découlent. Il permet d'identifier les points faibles de l'industrie. Finalement, le cinquième chapitre met de l'avant les recommandations qui sont faites aux différentes parties prenantes afin de favoriser l'essor de l'industrie. Les recommandations visent à renforcer les éléments plus faibles ayant été déterminés au chapitre quatre.

1. PROBLÉMATIQUE ET MISE EN CONTEXTE

Au Québec, la consommation d'insectes est loin d'être une pratique répandue (Savoie, 2014). On ne retrouve pratiquement pas de produits à base d'insectes sur les étagères des supermarchés et la réaction des gens face à cette pratique se rapproche souvent du dégoût (Mignon, 2002). Cependant, l'entomophagie, ou le fait de consommer des insectes, est une pratique courante dans une grande partie du monde où il est estimé que plus de 2 milliards d'êtres humains consomment plus de 2 000 espèces d'insectes sur une base régulière (FAO, 2014). Cela démontre que les perceptions vis-à-vis des insectes changent avec le temps et selon les personnes et les cultures. Il devient alors nécessaire de mettre en lumière les enjeux liés à cette pratique afin de pouvoir établir la faisabilité d'un déploiement de l'industrie des insectes pour la consommation humaine à l'échelle nationale.

Malgré la faible popularité de l'entomophagie au Québec, nous pouvons observer un engouement croissant pour cette pratique depuis la parution du rapport de la FAO en 2014 sur la consommation d'insectes intitulé *Insectes comestibles – Perspective pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale*. Suite et grâce à ce rapport, les premières initiatives de production et de transformation d'insectes destinés à la consommation humaine au Québec sont apparues et ont entraîné une augmentation du nombre de publications sur le sujet par les médias (Savoie, 2014; Borde, 2014 et Séré de Lanauze, 2015). D'un autre côté, de par leur nouveauté, ces premières initiatives sont confrontées aux défis propres au développement d'un segment de marché émergent. Tout d'abord, les premières difficultés administratives se dressent lorsque vient le temps de vouloir produire certains insectes (S. Plante, communication personnelle, 2016). Comme la législation québécoise ou canadienne dans ce domaine est encore embryonnaire (Lähteenmäki-Uutela et al., 2017), l'élevage d'insecte se retrouve laissé à lui-même et les paliers administratifs prennent beaucoup de temps pour répondre aux demandes (E. Normandin, conversation téléphonique, 24 février 2016). Ensuite, les techniques de production ne sont pas développées et il n'existe aucun organisme local de représentation de l'industrie (comme l'Union des producteurs agricoles [UPA] pour les agriculteurs). Cela constitue un obstacle important pour le déploiement de l'industrie des insectes, car chaque nouveau producteur doit effectuer lui-même ses tests et y aller par essai-erreur avant d'atteindre une production stable. De plus, les entrepreneurs dans ce domaine peuvent peiner à trouver des sources de financement pour leur projet (S. Plante, communication personnelle, 2 décembre 2016).

Pour contrebalancer ces défis, les producteurs et transformateurs d'insectes mettent de l'avant les avantages de cette pratique. Tout d'abord en misant sur les avantages environnementaux. La FAO déclare dans son rapport que la production d'insectes, comme aliment protéiné alternatif à la viande, offre des avantages importants. D'abord, les insectes ont une forte capacité de conversion des aliments en protéines animales. C'est-à-dire que les insectes sont particulièrement efficaces pour convertir un poids donné d'aliments (de nourriture) en masse corporelle. Cela implique un besoin en nourriture beaucoup moins important pour produire plus de masse d'insectes, et donc une empreinte environnementale moindre.

Ensuite, ceux-ci peuvent être élevés avec des sous-produits et des résidus organiques, permettant ainsi la valorisation de déchets, réduisant le gaspillage et les impacts délétères de l'enfouissement (pollution de l'eau, émissions de gaz à effet de serre, GES). De plus, il s'agit d'un élevage qui émet moins de GES et moins d'ammoniac tout en consommant sensiblement moins d'eau que pour le bétail. Enfin, l'élevage d'insectes demande peu d'espace et est considéré plus éthique quant aux questions de bien-être animal et représente moins de risque de transmission d'infections vers les humains (FAO, 2014).

Le deuxième argument en faveur du développement du secteur se fonde sur les valeurs nutritionnelles des insectes. Comme ceux-ci possèdent une valeur nutritive comparable et parfois supérieure aux animaux d'élevage conventionnels en termes de protéine et d'énergie, il s'agit d'une alternative intéressante (Lavalette, 2013).

Ainsi, au Québec, l'industrie des insectes est une industrie qui émerge lentement, mais qui se doit de persévérer afin de surmonter les barrières qui la freinent. Déjà, la transition entre production artisanale et production industrielle est amorcée, mais les entrepreneurs se lançant dans le secteur de l'entomophagie auront à faire preuve de beaucoup d'audace, de persévérance et d'ardeur.

1.1 Portrait québécois – Un peu d'histoire

Apparus depuis environ 400 millions d'années, les insectes constituent la plus grande part de la biodiversité animale de la planète (Centre national de la recherche scientifique (CNRS), 2012). À ce jour, plus d'un million d'espèces d'insectes ont été répertoriées, mais il est estimé que le nombre total se situe plutôt entre 3 millions et 30 millions d'espèces (Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (France), 2012). Les insectes contribuent d'une manière importante à l'équilibre écosystémique. En effet, ils jouent un rôle fondamental dans la formation et la fertilisation des sols, tout comme dans la décomposition et le recyclage des différentes matières organiques. De plus, ils ont un rôle clé dans l'équilibre de la chaîne trophique du fait qu'ils constituent la principale source de nourriture pour un grand nombre de poissons, d'amphibiens, d'oiseaux et de mammifères (Société d'entomologie du Québec (SEQ), s.d.). Enfin, les insectes rendent à l'humain des biens et services écologiques indispensables, notamment par la pollinisation et le contrôle des parasites (FAO, 2014).

Dans un autre ordre d'idées, les humains se servent des propriétés de différents insectes dans un large éventail de secteurs. Les vers à soie, par exemple, produisent plus de 150 000 tonnes de soie annuellement (FAO, 2009b) alors que dans l'alimentation, la production annuelle de miel commercialisable par les abeilles atteint 1 200 000 tonnes (FAO, 2009c). On peut également citer l'utilisation du carmin, colorant rouge issu de la cochenille, qui est utilisé dans la coloration d'aliments, de textiles et de produits pharmaceutiques. On utilise également les vertus des insectes dans les industries pharmaceutiques et en médecine (FAO, 2014). On s'inspire aussi des insectes par biomimétisme, concept qui consiste à s'inspirer de la nature pour

résoudre des problèmes humains (Institut de biomimétisme francophone, s.d.). Par exemple, des chercheurs étudient la capacité du papillon morpho (*Morpho menelaus didius*) à auto-stabiliser sa température. Ce papillon absorbe la chaleur, puis, lorsque sa température devient trop haute, ses ailes (grâce à la chitine) émettent de la chaleur dans l'infrarouge pour faire baisser sa température. Ce genre d'adaptation naturelle veut être utilisée dans le domaine des panneaux solaires. En effet, les panneaux solaires perdent de l'efficacité lorsque la température devient trop élevée. Utiliser cette propriété d'auto-stabilisation permettrait d'obtenir un gain de rendement des panneaux solaires (Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis [CEEBIOS], s.d.).

En ce qui concerne l'alimentation, les pratiques ont évolué à travers l'histoire de l'Amérique du Nord et du Québec. Avant la colonisation, l'alimentation traditionnelle des autochtones dépendait grandement de leur mode de vie (sédentaire, nomade, semi-nomade), de leur position géographique (donc des écosystèmes) et des ressources disponibles. Ainsi, leur nourriture provenait habituellement des animaux et des plantes disponibles localement et qu'ils se procuraient grâce à la chasse, la pêche, la cueillette et l'agriculture. Le gibier, les poissons, certaines céréales, les fruits et légumes ainsi que les noix et l'eau d'érable représentent les aliments traditionnels amérindiens (Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ), 2015). Les insectes, quant à eux, auraient fait partie de l'alimentation de 25 % à 50 % des tribus amérindiennes en Amérique du Nord (FAO, 2014), mais la littérature semble démontrer que pour celles situées au Québec, ce ne fut pas le cas. Après la colonisation, les habitudes alimentaires se sont adaptées à celles des colonisateurs. Bien que les Français s'intéressent aux ressources alimentaires locales dès leur arrivée en Amérique du Nord, ils reviennent dès qu'ils le peuvent à leur mode d'alimentation européen (Musée Canadien de l'Histoire, s.d.). Or, en Europe, l'entomophagie n'était plus pratiquée et était redevenue inconnue. C'est pourquoi ils découragèrent et même supprimèrent cette pratique, qu'ils considéraient comme primitive, dès leurs premières interactions avec les autochtones (FAO, 2014). Ainsi, les Québécois et autres Nord-Américains n'ont jamais volontairement intégré les insectes comme aliments réguliers.

Ce n'est que dans les deux dernières décennies que la pratique d'intégrer des insectes dans l'alimentation a pris plus d'ampleur en Occident. Avant les années 2000, il était rare d'entendre parler de consommer des insectes, sauf en allant à l'insectarium. Pourtant, aujourd'hui il s'agit d'un sujet un peu plus courant. Depuis la sortie du rapport de la FAO (2014), les initiatives allant dans ce sens ont déboulé. En 2013, l'entreprise uKa Inc., plus connue sous le nom de uKa Protéine, était l'une des premières à se lancer dans la transformation et la vente de produits à base d'insectes au Québec. En 2016, plusieurs organisations se sont lancées dans ce domaine et plusieurs autres sont en démarrage ou en phase de lancement. Au niveau de l'élevage et de la production d'insectes, La Ferme d'insectes, Virebebitte et Krikk sont de celles qui ont fait le premier pas (Bureau, 2016). La première s'est positionnée à Frelighsburg et opère depuis un peu moins d'un an alors que les deux autres sont à Sherbrooke et sont en voie de lancer leurs opérations. Naäk et uKa Inc., de leur côté, utilisent de la farine d'insecte pour produire des barres protéinées, alors que l'entreprise Gourmex inc. importe des produits à base d'insectes. Pour les consommateurs avides de tenter

l'expérience, on peut retrouver à Montréal deux restaurants, le restaurant mexicain Ta Chido et le restaurant mexicain La Selva, et un bar, le 132 Bar vintage, qui servent des assiettes et des consommations contenant des insectes ou autres arthropodes. Enfin, certains se sont lancés dans l'utilisation d'insectes pour l'alimentation animale, comme Larvatria qui cible les animaux d'élevage ou Wilder & Harrier, qui cible plutôt les animaux de compagnie avec ses croquettes pour chien à base de farine d'insectes. Ailleurs au Canada, les plus gros joueurs sont Entomo Farms (anciennement Next Millenium Farm) situé en Ontario, une organisation bien implantée et peut-être même le plus gros élevage mondial d'insectes pour la consommation humaine. Autrement, Enterra Feed, de Colombie-Britannique, produit des insectes pour l'alimentation animale et utilise leurs excréments et exuvies (appelés *frass* en anglais) comme engrais naturel. Malgré que le recensement du nombre d'entreprises soit possiblement incomplet, du fait de l'ébullition actuelle du secteur, on observe une réelle augmentation du nombre d'initiatives depuis quelques années. Un tableau recensant les entreprises faisant affaire dans le domaine des insectes au Canada se trouve à l'annexe 1.

1.2 Portrait à l'international

On ignore à quel moment les insectes ont disparu de l'alimentation occidentale, mais dans l'Antiquité, plusieurs peuples consommaient encore certains insectes. Aristote nous fait savoir que c'est le cas des Grecs, lesquels mangeaient des cigales, alors que Pline, savant romain du premier siècle, relate que les Romains aimaient manger des larves de scarabées. Même dans la bible on trouve une référence à l'entomophagie : « Jean (Baptiste) portait un vêtement fait de poils de chameau et une ceinture de cuir autour de la taille; il mangeait des sauterelles et du miel sauvage » (Marc 1 : 6). Toutefois, en dehors de l'Europe et de l'Amérique du Nord, l'entomophagie est une pratique répandue et intégrée dans plusieurs cultures. En effet, en Afrique, en Amérique du Sud, en Asie et en Australie, les insectes sont considérés depuis toujours comme des aliments de subsistance que les populations consomment par goût et par choix (Mignon, 2002). La figure 1.1 illustre la répartition du nombre d'espèces comestibles dans le monde selon les estimations de Yde Jongema, chercheur à l'Université de Wageningen aux Pays-Bas en 2015.

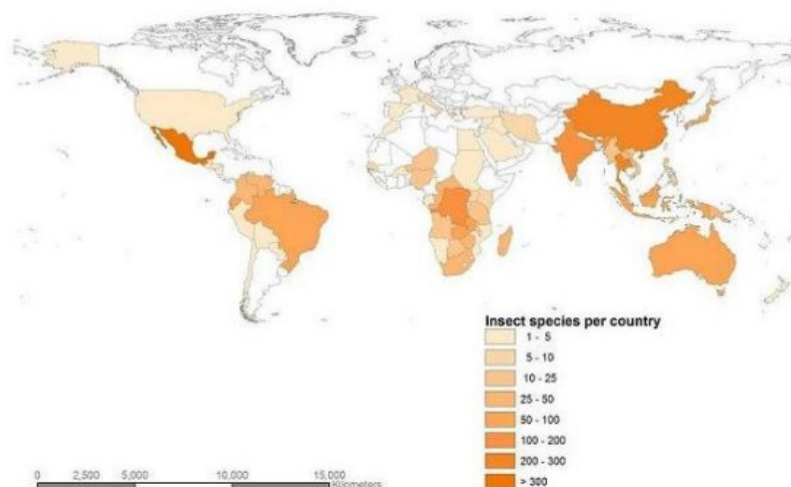


Figure 1.1 Nombre d'espèces comestibles recensées à travers le monde (tirée de Jongema, 2015)

Selon cette figure, on observe que le nombre d'insectes comestibles est le plus élevé au Mexique, au nord de l'Amérique du Sud, en Afrique, en Asie et en Australie alors qu'en Amérique du Nord et en Europe il très bas, presque nul. On constate rapidement que c'est au Nord qu'on retrouve le moins d'espèces d'insectes comestibles. Selon Julie Lesnik, anthropologue à l'Université de Détroit, la latitude joue un rôle prépondérant dans la pratique de l'entomophagie. En effet, au-dessus du 46^e parallèle Nord, l'environnement et les conditions climatiques ne sont pas propices au développement des insectes, comestibles ou pas (Lesnik, 2016).

« Ramos-Elorduy a établi que le continent américain abrite le plus grand nombre d'espèces comestibles (39 %), suivi de l'Afrique (30 %) et de l'Asie (20 %) » (Lavalette, 2013). Cependant, cela reste relatif, car l'inventaire des insectes comestibles est encore incomplet dans plusieurs régions. De plus, on peut retrouver des erreurs dues à un problème d'harmonisation entre la classification scientifique (classification de Linné) et les dénominations données par les autochtones (Louey Yen, 2010).

1.2.1 Amérique du Nord

Au Canada, comme au Québec, il n'y a que peu de références mettant de l'avant la pratique de l'entomophagie à travers l'histoire. C'est toutefois différent en ce qui a trait aux États-Unis, où, par exemple, les Assiniboine et les Shoshocos consommaient des fourmis, des sauterelles et des criquets tout comme les Maisu Californiens (Bodenheimer, 1951). En fait, Bodenheimer relate que « *nearly all of our American Indians, in fact, ate some sorts of insects* ». En dehors des tribus amérindiennes, les blancs ont parfois été confrontés à devoir consommer des insectes. Ce fut le cas en 1855, lorsque les habitants de l'Utah ont assisté à une dévastation complète des cultures par une infestation de sauterelles qui a fait en sorte qu'il ne restait plus rien à manger à part les sauterelles elles-mêmes (Bodenheimer, 1951). Aujourd'hui, les insectes ne font pas plus partie du menu régulier des Américains que de celui des Canadiens, mais des initiatives de production et de transformation similaires au Québec ont eu lieu. Le Huffington Post écrit en 2015 dans son article « *Bitty Flour Offers The Most Delicious Way To Eat Crickets?* » qu'une croissance de l'industrie des insectes comestibles a eu lieu avec la parution du rapport de la FAO (2014), comme ce fut le cas au Québec. On dénombre plusieurs entreprises et de nombreux « *start-up* » dans ce domaine tel que Chapul, Exoprotein, Hotlix, Bitty Foods, 4Ento, Six Foods, ou Big Cricket Farms. Un lien vers une liste d'entreprises de partout dans le monde œuvrant dans le domaine des insectes se trouve à l'annexe 2.

1.2.2 Europe

En Europe, la pratique de consommer des insectes s'est éteinte depuis longtemps. Seulement quelques références laissent entendre que certains rudiments de la pratique ont été conservés à travers les derniers siècles. En temps de famine, il semblerait que la consommation de hannetons fut répandue et que ceux-ci furent même l'aliment de survie des Irlandais en 1688. L'habitude des mendiants du Portugal et d'Espagne de manger des poux est également relatée alors qu'au sud de la France et au sud de la Russie, en 1885,

les sauterelles, salées ou fumées, étaient consommées (Bodenheimer, 1951). C'est également en 1885 que Vincent M Holt a publié son livre « *Why not eat insects?* », premier ouvrage occidental sur l'entomophagie et celui ayant eu le plus d'impact sur la population. Toutefois, trop en avance sur son temps, Holt n'a pas réussi à intégrer les insectes à la gastronomie anglaise. Plusieurs autres références démontrent diverses pratiques de consommation d'insectes à travers le temps et les pays d'Europe, certaines faisant même état d'une consommation d'araignées, mais l'ensemble laisse clairement comprendre qu'il s'agit de pratiques spécifiques et non répandues. De nos jours, et encore une fois grâce au rapport de la FAO, l'idée de développer une production industrielle d'insectes comestibles a émergée. Des organisations produisant des insectes ou vendant des produits à base d'insectes ont vu le jour tel que GreenKow en Belgique, Deli Bugs aux Pays-Bas ou MicroNutris et Ynsect en France. En Belgique, il y a même 10 espèces d'insectes qui sont autorisées à être mises en marché si elles respectent les prescriptions relatives à la sécurité sanitaire des aliments (Caparros Megido et al., 2015).

Cependant, l'Europe et l'Amérique du Nord sont confrontées à la problématique de l'acceptabilité sociale. Même si des initiatives sont mises sur pied, il y a encore un gros pas à prendre avant de voir la population intégrer ce genre d'aliment dans leur menu. Ce n'est que petit à petit que les attitudes vont changer.

1.2.3 Mexique et Amérique du Sud

On peut observer sur la figure 1.1 que le Mexique est l'un des endroits ayant le plus grand nombre d'espèces d'insectes comestibles. Cela pourrait expliquer pourquoi la pratique de consommer des insectes existe depuis toujours et est encore actuelle dans certaines régions. « Au Mexique, les peuples autochtones ont une grande connaissance des plantes et des animaux dont ils font traditionnellement leurs repas, y compris du cycle biologique des insectes » (Ramos Elorduy, 1997). Les Mexicains ont établi un calendrier des cycles biologiques des espèces afin d'optimiser leur récolte. Ainsi, il est bien connu de ces peuples qu'il faut récolter les *escamoles* (larves de fourmis) lorsque les « *jarillas* » sont en fleurs. En Amazonie, au nord du Brésil, les insectes sont récoltés durant la saison des pluies ou lorsque la chasse et la pêche sont plus difficiles (FAO, 2014). On retrouve des insectes autant dans les kiosques de vendeurs de rues que dans les restaurants et les boutiques gastronomiques (Ramos Elorduy, 2009). Toutefois, la pratique pourrait être à la baisse, car en réponse à un sondage, 26 vendeuses d'insectes sur la rue à Oaxaca au Mexique ont répondu ne pas faire suffisamment d'argent avec la vente d'insectes pour survivre (Shockley et Munoz, 2016).

1.2.4 Asie

On retrouve en Asie, le continent où l'on consomme le plus d'insectes, plus de 150 espèces comestibles qui sont consommées régulièrement (FAO, 2014). Parmi celles-ci, le charançon rouge des palmiers est l'un des plus populaires, car il est consommé sur tout le continent, et peut se vendre à prix très élevé dans de nombreuses régions (Johnson, 2010). Il s'agit même d'une espèce qui est maintenant élevée autant que récoltée à l'état sauvage (Johnson, 2010). En Asie, les insectes sont considérés comme des mets

populaires à la saveur recherchée et on peut les acheter frais, en conserves ou apprêtés (dans les restaurants ou par des marchands de rue). La pratique de l'entomophagie est largement répandue dans les pays d'Asie, sauf en Inde et au Népal où une grande quantité d'hindous et de bouddhistes pratiquent le végétarisme (Johnson, 2010). Avec l'Afrique, l'Asie du Sud-Est (Indonésie, Laos, Malaisie, Myanmar, Philippines et Vietnam) est la zone où l'entomophagie est la plus pratiquée dans le monde (Lavalette, 2013). En Thaïlande seulement, il y aurait plus de 20 000 éleveurs d'insectes (Borde, 2014).

1.2.5 Afrique

Le continent africain abrite une grande quantité d'insectes comestibles qui sont utilisés à cet effet depuis toujours. Comme c'est en Afrique, et plus particulièrement en Afrique centrale, que subsistent les plus forts taux de malnutrition et de dénutrition, la consommation d'insectes a un rôle important à jouer dans la santé (Programme alimentaire mondial, 2011; FAO, 2014). L'Afrique est le continent où l'on consomme le plus d'insectes après l'Asie et ce sont les chenilles et les termites qui sont les plus consommés. Durant la saison des pluies, les chenilles sont particulièrement recherchées, car il s'agit d'un aliment majeur. Dans la ville de Kinshasa, la capitale de la République Démocratique du Congo, un ménage consomme en moyenne 300 grammes de chenilles par semaine (FAO, 2014). La consommation de chenilles est si importante que certaines espèces seraient surexploitées entraînant une population en déclin. La consommation d'insectes représente environ 10 % de l'apport en protéines animales des populations, mais peut atteindre jusqu'à 64 % en fonction des régions et des saisons (Gomez, Halut et Collin, 1961).

1.2.6 Océanie

On retrouve une grande quantité d'espèces d'insectes comestibles en Océanie (figure 1.1). Une estimation de Ramandey et Van Mastrigt en 2010 faisait état d'environ 60 à 100 espèces consommées localement en Papouasie-Nouvelle-Guinée. D'ailleurs, on y retrouve le fameux « *sago grub* » (*Rhynchophorus ferrugineus papuanus*), qui est non seulement largement consommé et commercialisé, mais est également le centre des « *grubs festivals* » (festival du ver). Cet insecte au goût tendre et sucré avec un léger accent de noix serait consommé autant par les Papous que par les Européens qui y séjournent (DeFoliart, 1999). Les insectes représentent d'ailleurs jusqu'à 30 % de l'apport protéiné de certaines tribus Sepik (DeFoliart, 1999). En Australie, dans les années 1990, un fort mouvement d'intérêt pour les indigènes, et notamment pour leur consommation d'insectes, a fait en sorte que les restaurants et les hôtels ont commencé à offrir des menus incluant des insectes. La chaîne d'hôtel *Country Comfort Inn* en avait d'ailleurs fait la signature de ses restaurants (DeFoliart, 1999). Autrement, on sait que l'entomophagie est pratiquée dans toutes les îles du Pacifique, mais l'état des connaissances reste encore bien incomplet.

2. IDENTIFICATION DES PARTIES PRENANTES

Pour comprendre le déploiement d'un nouveau secteur d'activité, il est nécessaire de dresser l'inventaire et d'analyser le rôle de toutes les parties prenantes qui y sont liées. De cette manière, il devient possible de prendre en compte l'ensemble des éléments rattachés au sujet et de concevoir un système plus complet. En ce qui a trait à l'industrie des insectes destinés à la consommation humaine au Québec, une panoplie de parties prenantes sont touchées de près ou de loin par le sujet. Pour faciliter la compréhension de chacune d'elles, le tableau 2.1 établit la liste des parties prenantes selon le degré d'importance dans l'industrie. La première division inclut les parties prenantes ayant le plus d'importance, suivi de celles en ayant moyennement et enfin celles en ayant le moins. Il est nécessaire d'ajouter que la liste des parties prenantes n'est pas exhaustive et qu'en fonction du type de production et de son niveau de développement, d'autres parties prenantes peuvent entrer en jeu.

Tableau 2.1 Description des parties prenantes

Parties prenantes	Description
Centrales	
Producteurs (voir liste en annexe 1)	<p>Les producteurs représentent l'ensemble des personnes s'étant lancées dans la production d'insectes dédiés à la consommation humaine et celles ayant comme idée de le faire dans le futur. Il peut s'agir d'individus ou d'entreprises. Ce sont les pionniers de l'industrie.</p> <p>On peut également inclure les entreprises qui élèvent des insectes pour l'alimentation animale, car elles ont acquis des connaissances techniques et une expertise qui ont ensuite été transposés dans les élevages pour la consommation humaine.</p> <p>Les producteurs se doivent de conditionner leurs insectes pour la vente aux transformateurs. De plus, les producteurs d'insectes peuvent être les transformateurs de leurs produits dans le cas où il ne s'agit pas d'une recette où il faut ajouter d'autres ingrédients. Par exemple, des insectes entiers assaisonnés ou de la farine d'insectes.</p>
Transformateurs (voir liste en annexe 1)	<p>Les transformateurs sont des entreprises spécialisées dans la transformation d'aliments. Ce sont les transformateurs qui mélangent les insectes avec d'autres ingrédients afin d'obtenir des produits finis pour les consommateurs. Sans les transformateurs, les producteurs d'insectes auraient l'obligation de diversifier leurs opérations pour le faire, ce qui n'est pas le but de tous.</p> <p>Les transformateurs utilisent des insectes pour élaborer différents produits, comme des barres protéinées, des confiseries, des croustilles, des pâtes alimentaires, etc. Les transformateurs sont aussi importants que les producteurs dans l'industrie, car c'est la combinaison des deux qui fera en sorte que les consommateurs auront accès à des produits d'insectes.</p>

Tableau 2.1 Description des parties prenantes (suite)

Parties prenantes	Description
Principales	
Santé Canada et l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA)	<p>L'ACIA, qui relève de Santé Canada, a la responsabilité de veiller à ce que les aliments canadiens répondent à des critères de salubrité assurant la santé et la sécurité des Canadiens. Par différents programmes, l'ACIA assure une gestion des risques liés aux aliments et aux zoonoses. L'ACIA se doit également d'appliquer plusieurs lois dont : la <i>Loi relative aux aliments du bétail</i>, la <i>Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation</i>, etc. (ACIA, 2015).</p> <p>Les producteurs d'insectes doivent se conformer aux exigences de la <i>Loi sur les aliments et drogues</i>, de la <i>Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation</i> et du <i>Règlement sur les aliments et drogues</i>. De surcroît, les insectes produits doivent répondre aux normes et politiques de Santé Canada et, dans le cas où aucune norme n'est émise sur le produit, répondre aux évaluations d'aliments nouveaux de Santé Canada.</p>
Le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)	<p>Le MAPAQ est une organisation gouvernementale qui a pour mission de veiller à la protection de la santé publique et à ce que les lois et règlements en matière d'hygiène et de salubrité soient respectés (MAPAQ, 2016a). Il inspecte et vérifie tous les types d'établissements alimentaires afin de prévenir les problèmes en lien avec l'hygiène, la salubrité, les toxi-infections et les rappels d'aliments. Au Québec, l'étiquetage des aliments est également géré par cette organisation.</p> <p>Les producteurs et les transformateurs d'insectes doivent se conformer aux exigences de la <i>Loi sur les produits alimentaires</i> et son <i>Règlement sur les aliments</i>. De plus, les normes rattachées à l'innocuité du produit, à la salubrité des locaux et de l'équipement et à l'hygiène du personnel ainsi qu'à l'identification du produit s'appliquent aux conditions de préparation. Il y également un permis qui est nécessaire pour la vente au détail.</p>
Détaillants	<p>Les détaillants regroupent l'ensemble de tous les magasins de vente au détail de produits alimentaires. Cela inclut les épiceries, les dépanneurs, les magasins d'aliments naturels, les magasins grandes surfaces (ex. Wal-Mart), etc. Les détaillants sont les derniers intermédiaires de la chaîne avant les consommateurs. Ce sont les détaillants qui décident des produits qu'ils mettent en vente sur leurs tablettes.</p> <p>Les producteurs et les transformateurs d'insectes peuvent se faire approcher par des détaillants intéressés par leurs produits ou avoir à faire eux-mêmes des démarches pour convaincre les détaillants de commercialiser leurs produits.</p>
Consommateurs	<p>Les consommateurs sont les acheteurs finaux des produits qu'ils se procurent afin de les utiliser. Les consommateurs ont toujours le choix de préférer un produit à un autre et sont influencés par de nombreux éléments dans le choix des produits qu'ils consomment. Il n'y a encore que peu de consommateurs qui font le choix d'acheter des produits à base d'insectes.</p>

Tableau 2.1 Description des parties prenantes (suite)

Parties prenantes	Description
Secondaires	
Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)	<p>AAC est un organisme fédéral qui « oriente la croissance et le développement d'un secteur canadien de l'agriculture et de l'agroalimentaire compétitif, innovateur et durable » (AAC, 2016a). Pour y parvenir, AAC élabore différents programmes d'aide, comme des programmes de financement, de planification, de suivi, etc. Il s'agit également de l'organisme responsable d'appliquer différentes lois en lien avec sa mission dont : la <i>Loi sur les grains du Canada</i>, la <i>Loi sur la commission canadienne du lait</i>, la <i>Loi canadienne sur les prêts agricoles</i>, etc.</p> <p>Dans le cas de l'importation d'insectes, il est nécessaire d'obtenir un permis d'importation conformément à la <i>Loi sur la protection des végétaux</i>.</p>
North American Edible Insects Coalition (NAEIC)	<p>Cette organisation en développement tente de rassembler l'ensemble des acteurs en lien avec l'industrie des insectes destinés à l'alimentation humaine et animale. Sa mission est de « favoriser la collaboration entre les parties prenantes et créer une voix consolidée pour encourager la croissance positive du secteur des insectes en tant que nourriture et aliment pour les animaux » (NAEIC, 2016). Comme l'organisation est en cours de création, son importance n'est pas encore très significative, mais pourrait le devenir.</p>
Villes	<p>Les villes sont responsables, par leur règlement de zonage, de la gestion et de l'aménagement du territoire. Le territoire est ainsi divisé en zones et à chaque zone est attribuée une vocation permettant de contrôler les usages et de gérer le développement urbain (Ministère des affaires municipales et de l'occupation du territoire (MAMOT, 2010).</p> <p>Les villes ont donc le pouvoir de décider de l'endroit où une production d'insectes peut s'installer sur son territoire selon qu'elle considère cela comme une activité industrielle ou comme une activité agricole. Cela peut influencer l'entrepreneur dans son choix d'emplacement en fonction des dépenses qui seront engendrées pour démarrer sa production.</p>
Fournisseurs	<p>Il s'agit des organisations qui peuvent fournir les différents produits et services qui seront consommés par les producteurs et transformateurs. On y compte ceux fournissant les équipements, les matériaux, l'énergie, la nourriture, etc. Pour les transformateurs de produits à base d'insectes, les producteurs d'insectes se trouvent à être un fournisseur.</p> <p>Pour les producteurs d'insectes, les fournisseurs de nourriture diffèrent en fonction des matières avec lesquelles les producteurs veulent nourrir leurs insectes. Il peut donc s'agir de producteurs agricoles, d'entreprises de transformation alimentaire, de restaurants, d'entreprises de gestion des matières résiduelles, etc. Voir section 3.1.5.</p>

Tableau 2.1 Description des parties prenantes (suite)

Parties prenantes	Description
Compétiteurs	<p>Toutes les entreprises du domaine de l'alimentation pour les humains peuvent être considérées comme des compétiteurs.</p> <p>Plus particulièrement, les entreprises produisant des aliments ayant des valeurs nutritives similaires à celles des insectes. Il se trouve aussi que les producteurs et les transformateurs d'insectes sont également en compétition entre eux.</p>
La Financière agricole du Québec (FADQ)	<p>La FADQ est un organisme gouvernemental qui a pour mission de soutenir et de promouvoir le développement du secteur agricole et agroalimentaire au Québec. Pour ce faire, elle offre des produits et services aux producteurs agricoles. Ses produits et services touchent au financement, aux assurances et à la protection des revenus.</p> <p>Les producteurs d'insectes, pouvant être considérés comme des producteurs agricoles au sens de la loi, peuvent effectuer des demandes afin de bénéficier des différents programmes offerts par La Financière agricole du Québec.</p>
Financiers	<p>Les financiers représentent toutes les organisations qui offrent la possibilité de fournir de l'argent pour le démarrage ou l'exploitation d'une entreprise. On compte parmi eux les financiers privés (banques), les fonds du gouvernement (subventions) et les investissements personnels ou familiaux (<i>love money</i>). On retrouve également dans cette catégorie le financement collectif, soit le sociofinancement, qui consiste à demander, pour un projet, du financement au plus grand nombre de personnes via une plateforme de lancement.</p> <p>Le sociofinancement semble être une option intéressante pour les entreprises voulant se lancer dans l'industrie des insectes pour la consommation humaine. Voir section 3.4.2.</p>
Union des producteurs agricoles (UPA)	<p>L'UPA est une organisation qui cherche à promouvoir, à défendre et à développer l'intérêt des producteurs agricoles et forestiers du Québec.</p> <p>Les membres de l'UPA bénéficient également de différents avantages, comme des rabais chez certains commerçants ou des services-conseils adaptés à leur secteur.</p>
Périphériques	
Intermédiaires	<p>On entend par intermédiaires l'ensemble des acteurs ayant un lien indirect avec le domaine de l'alimentation au Québec, mais restant nécessaires à son bon fonctionnement. On y intègre une diversité d'acteurs comme les distributeurs, les entreprises de transport, les entreprises de publicité et de marketing, etc. Les intermédiaires jouent un rôle secondaire, mais nécessaire, dans la chaîne logistique de l'alimentation.</p>

La figure 2.1 suivante permet de cerner la réalité des relations avec chacune des parties prenantes. Il s'agit d'un exemple type pouvant s'appliquer à une généralité d'entrepreneurs. Le code de couleur rappelle celui utilisé dans le tableau 2.1 ci-haut par rapport à l'importance de chacune des parties prenantes.

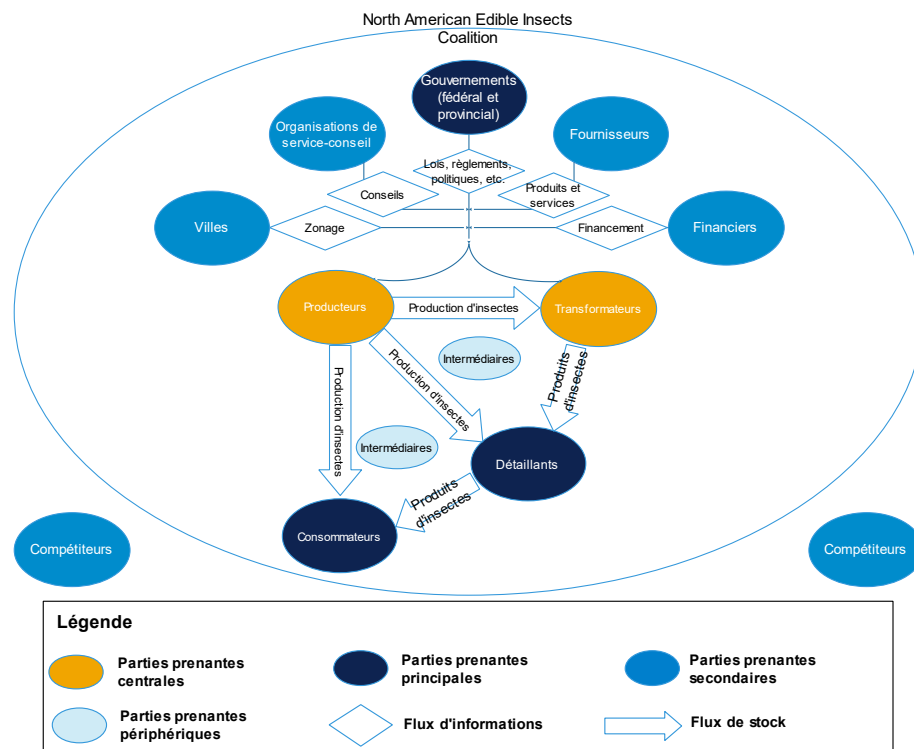


Figure 2.1 Organigramme des parties prenantes

Acteurs centraux, les producteurs et les transformateurs sont ceux autour desquels tous les autres gravitent. Toutefois, ils peuvent faire partie de la *North American Edible Insects Coalition* (NAEIC), qui tente de rassembler tous les acteurs en lien avec la production, la transformation et la mise en marché des insectes tant pour l'alimentation humaine qu'animale. Au-dessus des producteurs et transformateurs, on retrouve les parties prenantes qui influencent les acteurs centraux. Il y a les gouvernements qui les influencent à travers la réglementation qu'ils ont mise en place. Il est obligatoire de respecter la réglementation sans quoi toute entreprise est vouée à l'échec. On retrouve également les fournisseurs, qui permettent de soutenir les entreprises, puis les organisations qui offrent des services-conseils. L'UPA est un exemple de ces organisations. Ensuite, les villes ont établi un zonage et des usages dans les zones que les producteurs et transformateurs doivent respecter lors du choix de leur lieu d'opération. Puis finalement, les financiers qui offrent des possibilités de financement.

Au-dessous, on retrouve les acteurs bénéficiant de la production d'insectes. Dans le cas où le producteur transforme lui-même sa production, il peut vendre directement aux consommateurs ou aux détaillants. Autrement, il peut vendre ses insectes aux transformateurs, qui eux les transformeront en un autre produit qu'ils vendront à leur tour. À travers ce processus, certains intermédiaires agissent pour compléter le tout. À l'extérieur du cercle, on retrouve les compétiteurs qui offrent des produits qui ne sont pas à base d'insectes. Cette figure établit un exemple type et peut varier en fonction des différentes entreprises.

3. ANALYSE DES ENJEUX

Les enjeux liés à l'industrie des insectes comestibles au Québec sont nombreux et ont un impact direct sur sa croissance et son développement. On en dénombre six ayant une importance significative pour le sujet : les enjeux environnementaux, sociaux, nutritionnels, économiques, législatifs et techniques. Une analyse de chacun d'eux permettra d'établir un constat de la situation et d'identifier les leviers permettant une croissance du secteur.

3.1 Enjeux environnementaux

L'analyse des enjeux environnementaux sert à comprendre de quelle manière la production d'insectes impacte l'environnement. L'analyse est concentrée sur la production d'insectes (les producteurs), car ce type de production est radicalement différent de celle d'autres sources de protéines alors que la transformation des insectes (les transformateurs) s'apparente aux autres transformations alimentaires. On aborde dans cette section les émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac, la consommation d'énergie, l'utilisation de l'espace, la consommation d'eau et la gestion des matières résiduelles. Vient ensuite l'aspect de la conversion alimentaire suivi d'une analyse comparative qui permettra d'évaluer la différence entre la production d'insectes et la production d'autres types de protéines. Enfin, l'aspect de l'importation par rapport à la production locale et du bien-être animal seront rapidement analysés.

3.1.1 Émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac

Selon le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les gaz à effet de serre sont responsables du réchauffement climatique duquel découlent plusieurs conséquences. Notamment, on observe un réchauffement de l'atmosphère et des océans, une diminution des couches de neige et de glace aux pôles, la montée du niveau de l'eau dans les océans et l'acidification de ses eaux. Ces événements ont des répercussions sur l'ensemble des écosystèmes et peuvent affecter la vie sur la Terre (GIEC, 2013). Il existe un grand nombre de gaz à effet de serre, mais ceux ayant un lien avec l'élevage et l'agriculture sont : le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et l'oxyde de diazote ou oxyde nitreux (N_2O). Comme chaque gaz à effet de serre est différent, de par son temps de résidence et sa capacité de captation de la chaleur, on calcule son potentiel de réchauffement planétaire (PRP) en équivalent de CO_2 (éq. CO_2). Le GIEC a établi que le PRP du CO_2 est de 1, du CH_4 de 25 et du N_2O de 298. Le CH_4 est donc 25 fois plus dommageable que le CO_2 (Environnement et Changement climatique Canada, 2015).

Les émissions d'ammoniac, qui n'est pas un gaz à effet de serre, ont également un impact sur la qualité de l'environnement et plus particulièrement sur la qualité de l'air. L'ammoniac, en plus de dégager une mauvaise odeur, est toxique pour les animaux et l'humain en trop grande quantité et a un rôle à jouer dans la production de particules fines dans l'air. Ces particules fines atmosphériques présentent un risque sanitaire et peuvent être responsables de maladies respiratoires (*Committee on the environment and*

natural resources, 2000). Les émissions d'ammoniac contribuent également aux pluies acides et à l'acidification des écosystèmes (FAO, 2006).

Selon le GIEC, le quart des émissions de gaz à effet de serre anthropiques est produit par l'agriculture, la foresterie et l'utilisation des terres (Smith et al., 2014). L'élevage de bétail, à lui seul, serait responsable de 18 % des émissions de gaz à effet de serre mondial, ce qui est plus que pour le secteur des transports (FAO, 2006). Cela représente environ 9 % de toutes les émissions de CO₂, 35-40 % de tout le CH₄ et 65 % du N₂O (FAO, 2014). Le tableau 3.1 explique ce qui provoque ces émissions dans l'élevage.

Tableau 3.1 Contribution du secteur de l'élevage aux émissions globales de gaz à effet de serre (inspiré de : FAO, 2014)

	Dioxyde de carbone (CO ₂)	Méthane (CH ₄)	Oxyde de diazote (N ₂ O)
Pourcentage par rapport aux émissions globales	9	35-40	65
Provoquées par	La production d'engrais pour les cultures fourragères, les dépenses énergétiques agricoles, le transport fourrager, la transformation des produits animaux, le transport des animaux et les changements dans l'utilisation des terres.	La fermentation entérique chez les ruminants et celle du fumier des animaux de la ferme.	Le fumier et les urines des animaux de la ferme.

Les émissions de gaz à effet de serre provenant de production d'insectes seraient remarquablement moindres. En effet, sur l'ensemble des espèces comestibles, uniquement les cafards, les termites et les scarabées dégagent du méthane (CH₄) (Hackstein et Stumm, 1994), qui est causé par les bactéries méthanogènes dans leur intestin postérieur (Egert, Wagner, Lemke, Brune et Friedrich, 2003). Les autres espèces qui semblent plus favorisées en occident comme les vers de farine, les criquets et les grillons ne dégagent pas de méthane et auraient ainsi des émissions jusqu'à 100 fois moins élevées que pour le bœuf et le porc (Oonincx et al., 2010). Dans une première étude, Oonincx et al. (2010) ont calculé les émissions de gaz à effet de serre de 5 espèces d'insectes : des cétoines marginées du Kenya (*Pachnoda marginata*), des ténébrions meuniers (*Tenebrio molitor*), des blattes géantes d'Argentine (*Blaptica dubia*), des grillons domestiques (*Acheta domesticus*) et des criquets migrants (*Locusta migratoria*) à plusieurs stades de croissance. Les méthodes de calcul se basent sur la production de GES selon différents gains de masse. Ils arrivent à la conclusion que les émissions, en CO₂ équivalent par kilogramme de gain de masse, sont, pour 4 des 5 espèces d'insectes, beaucoup moins grandes que pour le porc et ne représentent qu'environ 1 % des émissions pour le bœuf. Le tableau 3.2 reprend leurs résultats.

Tableau 3.2 Production de gaz à effet de serre (CH₄, N₂O, CO₂ éq.) et d'ammoniac (NH₃) par kilogramme de gain de masse pour cinq espèces d'insectes, porcs et bœufs (les données sont des moyennes, avec l'écart-type pour les insectes) (adapté de : Oonincx et al., 2010)

Espèces	Nom scientifique	CH ₄ (g/kg de gain de masse)	N ₂ O (mg/kg de gain de masse)	CO ₂ éq. (g/kg de gain de masse)	NH ₃ (mg/jour/kg de gain de masse)
Cétoines marginées du Kenya	<i>Pachnoda marginata</i>	4,9 ± 1,96	1,03 ± 1,06	121,86 ± 49,09	3 ± 4,8
Ténébrions meuniers	<i>Tenebrio molitor</i>	0,1 ± 0,03	25,5 ± 7,70	7,58 ± 2,29	1 ± 2,0
Blattes géantes d'Argentine	<i>Blaptica dubia</i>	1,4 ± 0,30	5,7 ± 4,05	37,54 ± 8,01	54 ± 31,1
Grillons domestiques	<i>Acheta domesticus</i>	0,0 ± 0,09	5,3 ± 6,05	1,57 ± 1,80	142 ± 184,5
Criquets migrants	<i>Locusta migratoria</i>	0,0 ± 0,11	59,5 ± 104,8	17,72 ± 31,22	36 ± 10,8
Porcs	<i>Sus scrofa domesticus</i>	2,95	1 781,5	604,8	1 530
Bœufs	<i>Bos Taurus</i>	114	N/A	2 850	N/A

On observe tout d'abord dans ce tableau que deux insectes produisent du CH₄ de manière non négligeable, soit les cétoines et les blattes. Seules les quantités émises, en fonction du gain de masse corporelle, par les cétoines sont supérieures au porc, mais beaucoup moins élevées que pour le bœuf. Ensuite, en termes d'émission de N₂O, les ténébrions meuniers et les criquets en produisent une assez grande quantité par rapport aux autres insectes, mais toutefois relativement peu élevée par rapport au porc. Le calcul en CO₂ éq., et donc incluant les émissions de CH₄ et de N₂O, permet de remarquer qu'uniquement les cétoines ont des émissions relativement élevées, mais que cela reste marginal et toujours très en deçà des émissions des porcs et des bœufs. Enfin, pour les émissions d'ammoniac, les grillons sont ceux qui en émettent le plus, mais encore une fois sensiblement moins que pour le porc.

Cependant, cette étude ne permet pas de facilement comparer les résultats avec d'autres aliments, car une analyse de cycle de vie, l'outil le plus utilisé pour ce genre de comparaison, s'avérerait nécessaire. C'est pourquoi, dans une deuxième étude, Oonincx et de Boer (2012) ont effectué une analyse de cycle de vie (ACV) tenant en compte l'ensemble des paramètres liés à la production de deux types de vers, des ténébrions meuniers (*Tenebrio molitor*) et des ténébrions géants (*Zophobas morio*). Leurs calculs se font en fonction d'une alimentation à base de carottes et de grains et d'une ferme utilisant l'électricité, mais chauffée au gaz naturel. L'ACV n'utilise pas non plus les mêmes unités de mesure et permet plutôt d'obtenir le PRP pour la production d'un kilogramme d'insectes ou de protéines plutôt que les émissions en termes de gain de masse. En procédant ainsi, les résultats sont différents. Ainsi, pour la production d'un kilogramme

de ténérions meuniers, le PRP est de 2,7 kilogrammes de CO₂ équivalent. De ce chiffre, 56 % résultent de la production et du transport de la nourriture (grains et carottes), 26 % proviennent de l'énergie utilisée pour le chauffage (gaz naturel) et 17 % de l'électricité pour l'éclairage et autres. Toutefois, comme on veut produire des insectes pour leur teneur en protéines, il devient intéressant, pour des fins de comparaison avec la production de viande, d'analyser les émissions de la production d'un kilogramme de protéines issue des insectes. Le résultat obtenu pour la production d'un kilogramme de protéines est de 14 kilogrammes de CO₂ équivalent, avec relativement les mêmes proportions d'émissions issues de chaque source (56 % production et transport de la nourriture, 26 % chauffage et 17 % électricité). On peut donc, dans la figure 3.1, comparer cette donnée avec celles provenant de l'analyse de cycle de vie réalisée par de Vries et de Boer (2010) sur la production de viandes et de lait.

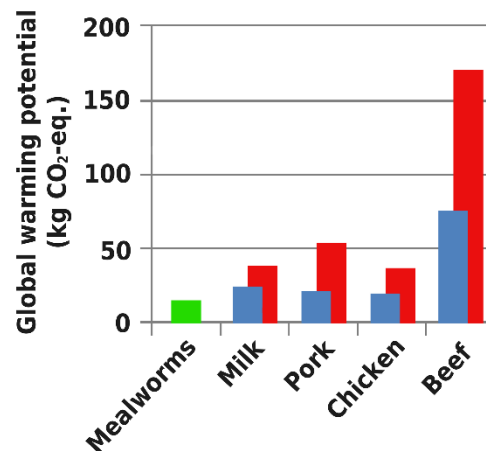


Figure 3.1 PRP de la production d'un kilogramme de protéines (tirée de : Oonincx et de Boer, 2012)

On constate dans cette figure que la production de protéines des ténérions meuniers aurait un potentiel de réchauffement planétaire moindre que le minimum de chacun des autres produits protéinés. Cela corrèle avec ce qu'avance l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) de France en disant que :

« les productions de CO₂ et N₂O sont principalement liées au processus de fabrication et de transport des aliments. Si l'on considère que les besoins alimentaires des insectes sont moindres, les gaz produits par ces derniers pourraient l'être en moindres quantités que ceux produits par les élevages porcins et bovins » (ANSES, 2015).

Il est important de mentionner que ce genre d'étude repose sur des paramètres précis applicables en fonction de l'endroit où l'on se trouve. Il est probable que les résultats divergent au Québec (voir section 3.1.8). De plus, l'analyse est basée sur une alimentation à base de carottes et de grains. Si l'on modifiait cette alimentation en introduisant des résidus organiques (section 3.1.5), les résultats seraient différents.

3.1.2 Consommation d'énergie

Comme pour n'importe quelle production, la consommation énergétique liée à la production d'insectes dépend de plusieurs facteurs. Cependant, comme les insectes sont des animaux poïkilothermes, c'est-à-dire ayant une température corporelle qui varie avec celle de son milieu, le contrôle de la température et de

l'humidité sont les facteurs les plus importants à considérer. Il est démontré que l'apparition de plus gros insectes dépend d'une température plus élevée, certains fossiles datant du paléozoïque atteignant jusqu'à 1 mètre de long en raison de la température atmosphérique élevée (Shear et Kukalová-Peck, 1990).

Les espèces les plus consommées demandent des températures élevées. Das, Ganguly et Haddar (2009) ont effectué des recherches sur deux espèces de sauterelles et ont déterminé que la température optimale de production tournait autour de 32 °C à ± 1 °C avec une humidité relative autour de 70-80 % alors que Li, Zhao et Liu (2013) sont arrivés à des conditions de 28 °C et 70 % d'humidité relative pour une production de ténébrions meuniers. On comprend donc qu'une production d'insectes consomme de manière importante de l'énergie afin de contrôler la température de son élevage, surtout dans les pays plus nordiques. À cause de cela, l'ANSES (2015) estime que l'élevage d'insectes aurait une « consommation énergétique supérieure à l'élevage conventionnel » (ANSES, 2015).

Dans leur analyse de cycle de vie, Oonincx et de Boer (2012) ont calculé qu'il faut 34 mégajoules (MJ) d'énergie pour produire un kilogramme de ténébrions meuniers. De cette quantité, 44 % provenaient de la production et du transport de la nourriture (grains et carottes), 35 % de l'énergie utilisée pour le chauffage (gaz naturel) et 21 % de l'électricité consommée. En ce qui a trait à la production d'un kilogramme de protéines de cet insecte, le résultat est de 173 MJ. Ils ont encore une fois comparé leurs résultats avec ceux compilés par de Vries et de Boer (2010) dans la figure 3.2.

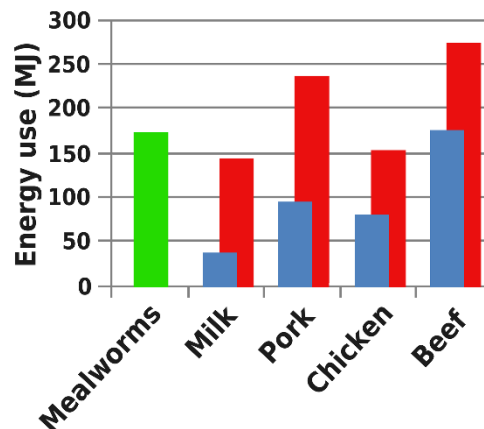


Figure 3.2 Énergie utilisée pour la production d'un kilogramme de protéines (tirée de : Oonincx et de Boer, 2012)

On observe cette fois que les insectes font moins bonne figure. Leur consommation d'énergie dépasse le maximum de celle pour la production de lait et de poulets et le minimum de celle pour la production de porcs et de bœufs. Elle est seulement inférieure au maximum du porc et du bœuf. Cela démontre que la production d'insectes est effectivement énergivore. Cependant, encore une fois, le contexte ainsi que d'autres paramètres peuvent influencer ces données (voir section 3.1.8).

3.1.3 Utilisation de l'espace

L'utilisation de l'espace est un autre des grands enjeux liés à la production de protéines. Le territoire est déjà divisé en zones où doivent se côtoyer les villes, donc les zones urbaines, et les cultures fourragères et celles destinées à l'alimentation des humains, soit les zones agricoles. À cela s'ajoute les milieux forestiers, les milieux arides, les rivières et les lacs, etc. Dans tout cela, certaines zones tendent à prendre de plus en plus de place. C'est le cas des zones urbaines, qui ne cessent, au Canada, de s'étendre aux dépens des zones agricoles. En effet, Statistique Canada nous faisait état qu'en 10 ans, de 2001 à 2011, les zones habitées sur territoire agricole ont augmenté de 19 %, ce qui correspond à presque un million d'hectares de surface (Statistique Canada, 2015). Pourtant, ces zones agricoles doivent nourrir de plus en plus de bouches, la population mondiale augmentant continuellement. La FAO estime également que la production de viande devrait augmenter de 200 millions de tonnes d'ici 2050 (FAO, 2009d). L'accroissement des rendements agricoles devrait permettre de résoudre une partie du problème, mais l'évaluation de solutions de rechange aux protéines animales, comme la production d'insectes, en est une autre.

L'analyse de cycle de vie réalisée par de Vries et de Boer (2010) établit la superficie, en mètre carré (m²), nécessaire à la production de porcs, de poulets, de bœufs, de lait et d'œufs. Les résultats sont donnés conséquemment à la production d'un kilogramme de viande (ou d'œuf ou de lait) ou à la production d'un kilogramme de protéines. Le tableau 3.3 illustre les résultats.

Tableau 3.3 Espace requis pour la production de viande et pour la production de protéines (porc, poulet, bœuf, lait et œufs) (adapté de : de Vries et de Boer, 2010)

Source	Pour 1 kg de viande (ou lait ou œufs) (m ²)	Pour 1 kg de protéines (m ²)
Porc	8,9-12,1	47-64
Poulet	8,1-9,9	42-52
Bœuf	27-49	144-258
Lait	1,1-2	35-59
Œufs	4,5-6,2	35-48

On observe que l'espace nécessaire est plus grand lorsqu'on effectue le calcul en fonction de la production d'un kilogramme de protéines plutôt qu'un kilogramme de viandes. Cela est normal du fait que la viande n'est pas constituée à 100 % de protéine. De plus, il est étonnant de voir que la production de bœuf demande plus que quatre fois plus d'espaces que les autres.

Oonincx et de Boer (2012) se sont servis de cette étude pour effectuer la comparaison avec la leur. Ils ont calculé de leur côté qu'un espace de 3,6 m² est requis pour la production d'un kilogramme de ténébrions meuniers. De ce chiffre, 85 % sont issus de la production du grain et 14 % de la production des carottes. La production des insectes eux-mêmes demande donc uniquement 1 % de cet espace. Pour la production d'un kilogramme de protéines, l'espace requis est de 18 m². La figure 3.3 permet d'illustrer les différentes données.

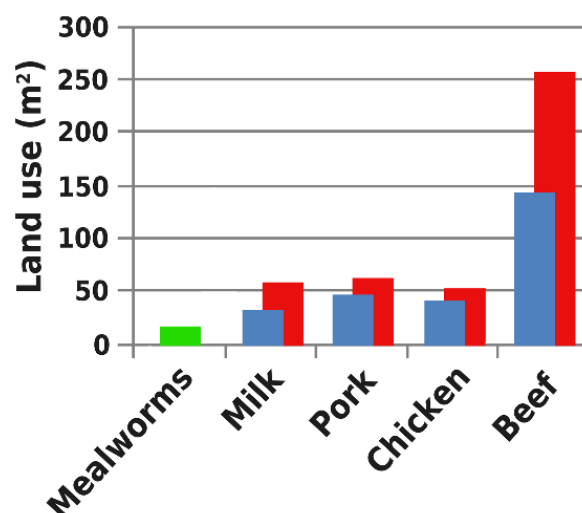


Figure 3.3 Espace requis pour la production d'un kilogramme de protéines (tirée de : Oonincx et de Boer, 2012)

Cette figure permet de comprendre qu'en termes d'espace, la production de ténébrions meuniers en nécessite moins que les autres types production. Toutefois, il est à noter que la nature des surfaces n'est pas prise en compte dans l'analyse. Cela implique que parfois, l'élevage de bœufs permet de valoriser des surfaces qui ne peuvent pas l'être par d'autres types de production (ANSES, 2015).

L'utilisation de l'espace fait également référence à d'autres éléments. En effet, un des avantages des insectes est que leur production peut se faire à beaucoup d'endroits, comme près ou à l'intérieur des milieux urbains. La production d'insectes en ville a un potentiel de réduction de l'espace consommé dans les zones agricoles et permet, entre autres, grâce à la proximité de la production, une réduction importante de l'empreinte environnementale liée au transport des produits vers les marchés (Côté, 2016; Cabrera, Hénault-Éthier, Lefebvre, Tchuam-Tchouwo, 2015).

Dans le même ordre d'idées, comme la production d'insectes peut se faire dans toutes sortes d'endroits, certains se sont spécialisés dans la transformation ou la production de milieux de production inusités. C'est le cas de l'entreprise Bitwater Farms, aux États-Unis, qui se spécialise dans la transformation d'installations agricoles inutilisées en élevage de grillons. Leur approche consiste à transformer, pour le compte de l'agriculteur ou du fermier, une installation inutilisée en élevage de grillons. Ils expliquent que les grillons peuvent être nourris avec des restants de végétaux que les cultivateurs n'utilisent pas et qu'ensuite, ces grillons peuvent être utilisés pour nourrir leur volaille ou leurs poissons ou simplement pour être revendus. Cette façon de faire permet aux agriculteurs de rentabiliser un espace sans fonction, de mettre en valeur des résidus végétaux tout en évitant l'achat d'aliments (Bitwater Farms, 2016). De manière différente, mais dans la même ligne de pensée, la société Entomo Farm, en France (à ne pas confondre avec Entomo Farms, d'Ontario), propose des unités mobiles (ou non) d'élevage et de transformation d'insectes. Leur

objectif est de produire de grandes quantités de farine d'insectes de haute qualité, n'importe où, avec un minimum de ressource (Entomo Farm, 2015a). Leur système mobile, l'entomobox (figure 3.4), a des dimensions de 300 pieds carrés (pi²) et promet de produire l'équivalent de 5 tonnes par an. Le système sur mesure produit, selon les dimensions, entre 100 et 1 000 tonnes par an (Entomo Farm, 2015b).



Figure 3.4 Unité mobile d'élevage d'insectes d'Entomo Farm (tiré de : Entomo Farm, 2015)

En comparaison, une superficie de 60 000 pi² permet à l'entreprise Entomo Farms, en Ontario, de produire 5 tonnes d'insectes par semaine (Parent, 2016a). D'un autre ordre de grandeur, l'usine de Langley, en Colombie-Britannique, d'Enterra Feed produit chaque jour environ 2 tonnes d'insectes séchés et 1 tonne de fertilisant pour une superficie de bâtiment d'environ 100 000 pi² (Enterra Feed, s.d.).

Finalement, l'utilisation de matières résiduelles comme source de nourriture (voir section 3.1.5) permet également de réduire l'empreinte terrestre de l'élevage étant donné la non-nécessité de produire des ressources premières dédiées à cette fin.

3.1.4 Consommation d'eau

La consommation d'eau est l'un des enjeux majeurs dans la production d'aliments, autant pour la production agricole que pour l'élevage d'animaux. On estime que l'agriculture consomme 70 % de toute l'eau douce mondiale (Pimentel et al., 2004) et de surcroît, la FAO annonce que sur un horizon 2030, cette proportion augmenterait de 14 % (FAO, 2004). Cette situation mènerait, en 2025, à un monde où 1,8 milliard d'êtres humains vivront dans des pays ou des régions avec une pénurie absolue d'eau, et deux tiers de la population mondiale feront face à des difficultés d'approvisionnement (FAO, 2007).

De l'ensemble de l'eau utilisée pour la production agricole, c'est la production de protéines animales qui en consomme le plus. En effet, la production d'un kilogramme de protéines animales consommerait de 5 à 20 fois plus d'eau que la production d'un kilogramme de protéines végétales et cela pourrait même monter jusqu'à 100 fois en ajoutant la production de fourrage et de protéines végétales destinées aux animaux (Chapagain et Hoekstra, 2003; Pimentel et Pimentel, 2003). « Selon ces auteurs, la production de 1

kilogramme (kg) de céréales demande 1 000 litres d'eau, 1 kg de poulet demande 2 300 litres d'eau, 1 kg de porc demande 3 500 litres et 1 kg de bœuf demande 22 000 litres, les estimations pour ce dernier pouvant atteindre 43 000 litres » (Pimentel et al., 2004; FAO 2014). Cette consommation d'eau ne fait pas uniquement référence à l'eau que boit l'animal, mais plus généralement à l'eau nécessaire à faire pousser la nourriture que mange l'animal. Au Québec, l'agriculture demande sensiblement moins d'eau, car le sol est humidifié majoritairement par les eaux pluviales. Très peu d'eau est donc utilisée pour l'irrigation des cultures (Statistique Canada, 2016a).

Peu d'études font mention des quantités d'eau utilisées pour la production d'insectes. Siemianowska et al. (2013) et la FAO (2006) estiment que les insectes n'auraient pratiquement pas besoin de plus d'eau que celle contenue dans les aliments dont ils se nourrissent (comme les fruits et les légumes). Les entreprises dans le domaine de la production d'insectes avancent toutes sortes de chiffres sur la consommation d'eau. MicroNutris, en France, indique sur son site web que leurs insectes demandent 50 fois moins d'eau que l'équivalent en bœuf (MicroNutris, 2015). Entomo Farms (Ontario) illustre sur son site que les insectes demandent 13 fois moins d'eau que les bovins et que si une famille sur quatre mangeait un repas à base de protéine d'insectes par semaine, ils sauveraient 650 000 litres d'eau par an (Entomo Farms, s.d.). Dans le livre *Insects as Sustainable Food Ingredients*, il est mentionné que la production de 454 grammes de grillon nécessite 3,78 litres d'eau (Dossey, Morales-Ramos et Guadalupe Rojas, 2016).

Tous ces chiffres différents laissent perplexe, mais permettent de supposer que la production d'insectes demande sensiblement moins d'eau que celle des autres viandes. Toutefois, il est faux de croire que tous les insectes n'ont pas besoin de plus d'eau que celle trouvée dans leur nourriture. Même si certaines espèces peuvent croître sur les substrats secs (comme du paillis ou des grains), d'autres nécessitent un approvisionnement en eau qui peut se faire à partir d'éponges ou de morceaux de cotons imbibés (afin de ne pas noyer les insectes). Chez Entomo Farms (Ontario), l'approvisionnement en eau se fait maintenant à partir d'un système d'eau courante qui évite qu'elle stagne et qui est ensuite recyclée pour irriguer et fertiliser un jardin extérieur (Goldin, 2016).

3.1.5 Gestion des matières résiduelles

La gestion des matières résiduelles liées à la production d'insectes tourne autour de deux aspects : l'utilisation de matières organiques résiduelles comme intrants dans la production d'insectes et les matières résiduelles provenant des insectes et de leur production (*frass*).

Utilisation de matières organiques résiduelles comme intrants

Les producteurs peuvent bénéficier de l'avantage qu'ont les insectes de pouvoir se nourrir de beaucoup de matières qui ne sont plus propres à la consommation humaine. En effet, les insectes se nourrissent de denrées très variées. Certains sont :

« herbivores (consommateurs de plantes vivantes), nectarivores ou pollinivores (consommateurs de nectar ou de pollen), détritivores (consommateurs de matières organiques végétales pas nécessairement vivantes), charognards (consommateurs de cadavres d'animaux) ou coprophages (consommateurs d'excréments) » (Cabrera et al., 2015).

De plus, certains mangent de tout, comme les larves de mouches soldat noires, alors que d'autres ont besoin d'aliments spécialisés, comme les charançons rouges des palmiers. Autre exemple, on élève souvent les grillons à partir de moulées à poules ou poussins, mais on peut également intégrer des fruits et légumes dans leur alimentation pour en améliorer le goût et comme source d'eau (Hanboonsong, Jamjanya et B. Durst, 2013).

Le choix des aliments pour les insectes dépend également d'autres critères. Ainsi, il ne faut pas oublier que la réglementation oblige le respect de standards de qualité et de normes de salubrités si les insectes sont destinés à l'alimentation humaine. Il est également nécessaire de tenir compte des préférences des consommateurs qui privilégient de plus en plus les produits naturels, biologiques et dont les méthodes de productions sont respectueuses de l'environnement et du bien-être animal (Bonti-Ankomah et Yiridoe, 2006). C'est ce qui a motivé les frères Goldin, fondateurs d'Entomo Farms (Ontario), à offrir des insectes conventionnels, des insectes biologiques et des insectes biologiques sans gluten. Pour y parvenir, ils nourrissent leurs insectes à partir de grains, comme pour les poulets ou les porcs : des grains conventionnels, des grains biologiques et des grains biologiques sans gluten, selon les insectes (Parent, 2016a).

Actuellement, comme il n'existe aucune norme encadrant les aliments à donner aux insectes, ce sont les producteurs qui décident avec quoi ils nourrissent leurs insectes. De l'ensemble des choix qui se présentent, celui ayant un impact environnemental qui semble être le plus élevé est l'utilisation de moulées commerciales, provenant souvent de monocultures à grande échelle et d'huiles ou de farines de poisson provenant de pêche soulevant un dilemme éthique sur leur soutenabilité (Thistlethwaite, 2014; Cabrera et al., 2015). C'est le choix que font certains producteurs, mais d'autres décident d'intégrer des résidus organiques provenant de la récupération. C'est ce que fait l'entreprise Enterra Feed, près de Vancouver. Leur élevage de mouche noire soldat (*Hermetia illucens*) se fait à partir de résidus alimentaires avant consommation (*pre-consumer organic waste*), c'est-à-dire de résidus organiques (fruits et légumes) qui, n'étant plus propres à la consommation humaine, seraient autrement jetés, compostés ou transformés en énergie, toutes des techniques qui ne maximisent pas le plein potentiel de leur valeur nutritive. Les résidus organiques leur proviennent d'une foule de fournisseurs : fermes, serres, supermarchés, boulangeries, producteurs agricoles de céréales, transformateurs, grossistes en alimentation, etc. (Enterra Feed, 2016a). Chaque jour, à l'usine d'Enterra Feed, c'est plus de 100 tonnes de résidus organiques qui sont consommés par les insectes plutôt que compostés (Parent, 2016a). Par souci de qualité et de salubrité, la traçabilité des résidus doit être démontrée (Lähteenmäki-Uutela et al., 2017).

Cette façon de faire est l'alternative la plus durable, car elle permet la valorisation des matières résiduelles et s'inscrit dans une réelle démarche d'économie circulaire. Grâce à cela, il s'agit de la méthode d'élevage s'inscrivant le mieux dans la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles et de son Plan d'action 2011-2015 qui vise à bannir complètement les matières organiques putrescibles résiduelles des centres d'enfouissement (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2016). Il s'agit également d'une démarche qui répond au Plan d'action 2016-2017 de Recyc-Québec quant à ses actions contre la lutte au gaspillage alimentaire (Recyc-Québec, 2016).

L'utilisation de résidus organiques est l'alternative la plus durable, mais ne peut se faire à partir de n'importe quel résidu organique. Ainsi, les résidus organiques post-consommation (*post-consumer organic waste*) comme les résidus de table domestiques ou de restaurants seraient moins salubres pour nourrir des insectes destinés à la consommation humaine. L'entreposage, la collecte et le transport de ces résidus entraînent trop de risque de contamination bactérienne (Cabrera et al., 2015).

Enfin, d'autres producteurs décident d'alimenter leurs insectes à partir de fruits et légumes frais. Cette façon de faire s'inscrit dans la pensée d'une production saine et respectueuse, autant pour les insectes que pour les consommateurs et l'environnement. Certains vont même jusqu'à produire leurs propres fruits et légumes, parfois de manières biologiques, pour leurs insectes. C'est de cette façon que voudrait opérer La Ferme d'Insectes de Frelighsburg; à partir d'une permaculture biologique sur place (Normandin, 2015).

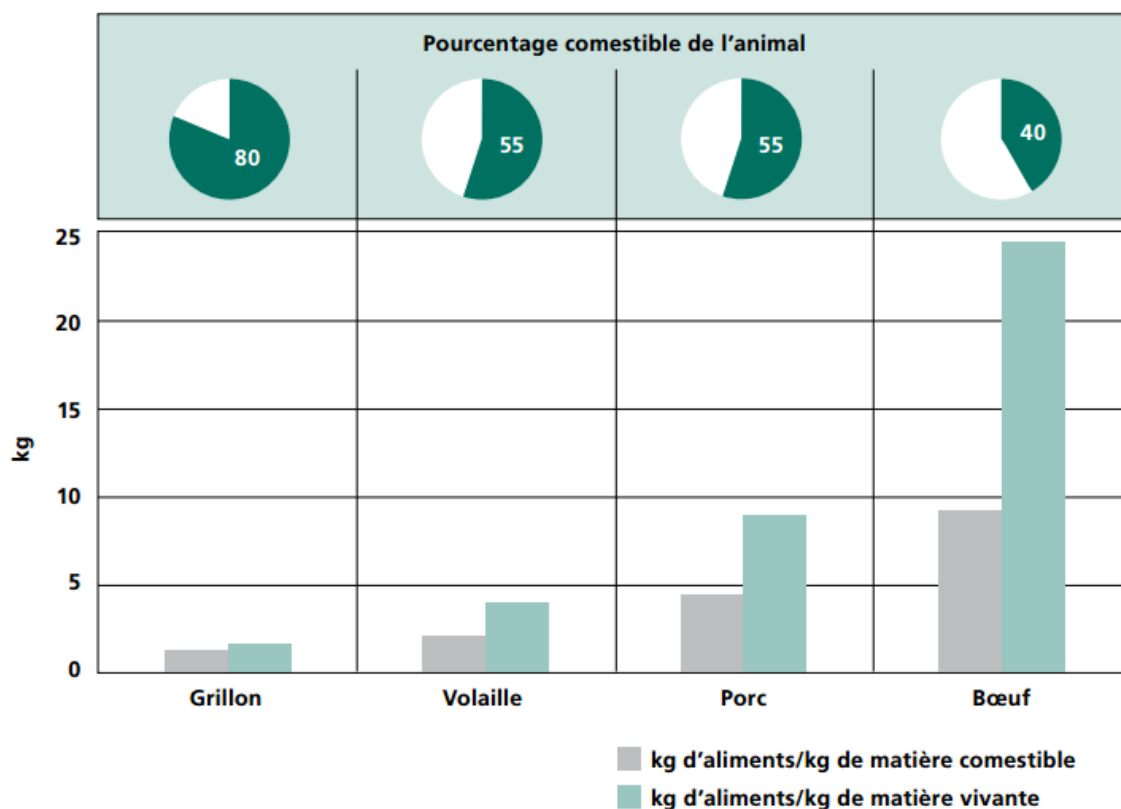
Matières résiduelles provenant des insectes et de leur production

Les matières résiduelles provenant de la production des insectes sont majoritairement des déjections et exuvies (ou mues) provenant des insectes mêmes et des restants alimentaires non consommés. Pour les petites productions en démarrage, les résidus sont simplement ramassés et envoyés au compost domestique (ou à défaut, aux résidus ultimes) (S. Plante, communication personnelle, 2 décembre 2016), mais pour les plus grandes productions il est possible de valoriser ces déjections comme fertilisants industriels. Dans le 15^e épisode de la 5^e saison de l'émission de télévision *Dirty Jobs*, Mike Rowe se rend justement dans un élevage de grillons aux États-Unis et expérimente la manutention et l'emballage des déjections des insectes (Rowe, 2010). C'est également ce que font les entreprises Enterra Feed, Ynsect et maintenant Entomo Farms. Lorsque les insectes sont retirés, les résidus sont ramassés pour être transformés en fertilisants ayant des teneurs intéressantes en azote (N), phosphore (P) et potassium (K) et contenant des métabolites secondaires pouvant stimuler le système immunitaire des plantes (Ynsect, 2016a). « D'ailleurs, les déjections d'insectes sont de plus en plus populaires parmi les jardiniers biologiques » (Cabrera et al., 2015). Ces fertilisants sont 100 % naturels et semblent être considérés comme une alternative durable aux fertilisants chimiques et dont la synthèse repose sur la consommation de ressources fossiles (Ynsect, 2016a).

3.1.6 Conversion alimentaire

Dans le domaine de l'élevage, la conversion alimentaire fait référence à la quantité d'intrants (nourriture) nécessaire pour produire un poids de viande. Le calcul se fait généralement en kilogrammes de protéines végétales pour produire un kilogramme de protéines animales. Pimentel et Pimentel (2003) ont calculé que pour produire 1 kg de protéines animales de haute qualité, l'animal doit être nourri avec 6 kg de protéines végétales. Bien que le ratio de conversion des aliments varie en fonction de la classe animale, de la nourriture donnée et des techniques utilisées, la quantité d'aliments nécessaire à une production typique d'un kilogramme de protéines animales aux États-Unis est de 2,5 kg pour les poulets, 5 kg pour les porcs et 10 kg pour les bovins (Smil, 2002). Les insectes, de leur côté, demandent beaucoup moins d'intrants. Ainsi, la production de 1 kg de grillons vivants, par exemple, ne demande pas plus de 1,7 kg d'aliments (Collavo et al., 2005). De surcroît, les insectes sont encore plus favorisés lorsqu'on calcule le pourcentage de l'animal qui est comestible (car les animaux ne sont pas comestibles en totalité) (van Huis, 2013). Il a été calculé que plus de 80 % du grillon est comestible et digeste, comparé à 55 % du poulet et du porc et à 40 % du bétail (figure 3.5) (Nagagaki et DeFoliart, 1991).

Figure 3.5 Pourcentage comestible et conversion alimentaire du grillon comparé à celles des viandes conventionnelles (tiré de FAO, 2014)



« Les insectes sont ainsi deux fois plus efficaces dans la conversion des aliments que la volaille, au moins quatre fois plus que les porcs et douze fois plus que les bovins » (FAO, 2014). Cela pourrait être dû au fait que les insectes sont des animaux poïkilothermes et qu'ils n'ont pas besoin d'apports caloriques pour

maintenir leur température. Enfin, Kevin Bachhuber, propriétaire de Big Cricket Farm en Ohio, nous rappelle qu'il fallut 70 ans de recherche et d'optimisation à l'industrie du poulet pour passer de 7 kg d'aliments à 2,5 kg d'aliments nécessaires à la production d'un kilogramme de poulet. L'industrie des insectes étant encore à ses débuts, il est plus que probable que les données avancées changent dans les prochaines années (Bachhuber, 2016).

Halloran, Roos, Eilenberg et Bruun (2016) ont effectué une revue de quelques recherches sur le ratio de conversion alimentaire de certains insectes et leur résultat permet de cerner à quel point la diète, la température et le stade de développement affectent ce ratio (voir annexe 3). Les recherches sur le ténébrion meunier (*Tenebrio molitor*) montrent un ratio de conversion allant de 2,2 à 5,3 alors que pour le grillon domestique (*Acheta domesticus*) on observe des valeurs oscillant entre 1,08 et 4,5 (Halloran et al., 2016). Ces données restent relativement basses, mais permettent de comprendre l'importance des conditions d'élevage des insectes et qu'il y a place à optimisation.

3.1.7 Comparaison avec d'autres aliments

Afin de mieux mettre en perspective les impacts environnementaux de la production d'insectes, une comparaison avec d'autres aliments est nécessaire. Le tableau 3.4 est un récapitulatif des éléments apportés précédemment bonifiés d'autres données, notamment du soya, des amandes, des cajous, du saumon, du lait et des œufs. Ces autres aliments ont été choisis à cause de leur teneur élevée en protéines qui les classe comme produits similaires aux insectes.

Les données ont été compilées à partir d'analyse de cycle de vie utilisant une méthodologie d'analyse similaire et des unités de mesure identiques, soit l'utilisation d'une allocation économique et selon une production d'un kilogramme de produit. Cependant, plusieurs limites sont à considérer (voir section 3.1.8). Les chiffres ont été adaptés de manière à représenter la production d'un kilogramme de protéines (plutôt que la production d'un kilogramme de produit) en intégrant le pourcentage de protéines aux données. Les chiffres présentés sont des moyennes.

Tableau 3.4 Comparaison des impacts environnementaux de la production d'un kilogramme de protéines pour les ténébrions meuniers et d'autres aliments végétaux et animaux riches en protéines (compilation d'après : Oonincx et de Boer (2012) [1], de Vries et de Boer (2010) [2], Kandall, Marvinney, Brodt, Zhu et Yuan (2011) [3], Cléa Brito de Figueirêdo et al. (2014) [4], Dalgaard et al. (2007) [5], Pelletier et al. (2009) [6], FAO (2014) [7], et Santé Canada (2016a)[8])

Productions	% de protéines	Potentiel de réchauffement planétaire (kg CO ₂ éq.) <small>Pour la production d'un kg de protéines</small>	Consommation d'énergie (MJ) <small>Pour la production d'un kg de protéines</small>	Utilisation de l'espace (m ²) <small>Pour la production d'un kg de protéines</small>
Insecte (ténébrion meunier) [1]	49 [7]	5,5	69,4	7,3
Porc [2]	28 [8]	24,8	112,5	37,5
Poulet [2]	24 [8]	22,1	91,7	37,5
Bœuf [2]	34 [8]	67,6	126,4	111,7
Saumon d'élevage [6]	22 [8]	7,2	106,0	ND
Lait [2]	3,5 [8]	30,6	114,3	44,3
Œuf [2]	48 [8]	9,2	27,0	11,1
Amande [3]	21 [8]	10,8	159,0	ND
Cajou [4]	18 [8]	38,4	ND	5,8
Soya [5]	13 [8]	10,0	ND	25,4

ND = non déterminé

Ce tableau permet une vue plus globale des performances environnementales de la production d'insectes. Malgré certaines données manquantes, voici les éléments pertinents à faire ressortir de tous ces éléments d'ACV.

Premièrement, le PRP de la production d'insectes est le plus bas. Celui du saumon d'élevage, des œufs, des amandes et du soya est plus près de celui des insectes que des autres sources de protéines, même si celui des amandes et du soya est presque le double. L'écart entre le PRP des insectes et celui du saumon d'élevage, le deuxième plus bas, est de seulement 1,7 kg CO₂ éq., ce qui n'est pas très important. Dans l'autre sens, le PRP du porc, du poulet, du bœuf, du lait et des cajous est plus élevé. L'écart maximal entre celui des insectes et celui du bœuf, le PRP le plus grand, est de 62,1 kg CO₂ éq., ce qui est considérable, car c'est plus que 11 fois la valeur de celui des insectes. À ce niveau, la production d'insectes fait très bonne figure.

Deuxièmement, pour ce qui est de la consommation d'énergie, les insectes figurent encore parmi les meilleurs avec une consommation d'énergie basse. Seule la production d'œufs consomme moins d'énergie avec seulement 27 MJ. À ce niveau, ce sont les amandes qui consomment le plus d'énergie, suivi du bœuf, du lait et du porc. Parmi les productions de viandes conventionnelles, c'est le poulet qui obtient la meilleure note avec 91,7 MJ.

Finalement, la production d'insectes nécessite peu d'espace comparativement à la production de viande conventionnelle, établissant des besoins d'espace de 5 fois, par rapport au poulet et au porc, à plus de 15

fois moins élevés par rapport au bœuf. Seule la production de cajous nécessite moins d'espace que la production d'insectes, mais de manière peu considérable, car l'écart est de seulement 1,5 m².

3.1.8 Limites de l'analyse

Plusieurs limites doivent être énoncées en lien avec cette analyse. Tout d'abord, l'analyse de cycle de vie de Oonincx et de Boer (2012) a été choisie, car il s'agit de celle répondant à l'objectif de ce travail. Cependant, il existe cinq autres analyses de cycle de vie qui ont été menées sur les insectes comestibles. Halloran et al. (2016) ont fait le survol des six analyses afin d'en faire ressortir les différences méthodologiques et proposer un cadre d'analyse pour les futures recherches. En effet, il se trouve que chacune des six ACV a été conduite avec un but différent, ce qui les rend leur comparaison très difficile (voir annexe 4) (Halloran et al., 2016). Par exemple, alors que Oonincx et de Boer (2012) voulaient comparer l'impact environnemental de la production d'insectes avec la production de viandes conventionnelle, Roffeis et al. (2015) cherchait à évaluer la soutenabilité et l'utilité des techniques d'élevage d'insectes. Certaines recherches se penchaient également sur les insectes comme aliment pour le bétail (Roffeis et al., 2015; van Zanten et al., 2015). Ainsi, on comprend qu'une analyse de cycle de vie se fait en fonction de beaucoup de paramètres et que les résultats peuvent être fondamentalement différents en fonction du but de l'analyse. De surcroît, même deux analyses ayant le même objectif peuvent donner des résultats différents selon les paramètres utilisés. Par exemple, les méthodes de production, la localisation des installations, les types d'équipements et le type de nourriture donné aux insectes sont autant de paramètres pouvant affecter les résultats. On comprend donc que seulement six ACV ont été menées, toutes dans des buts différents et de manière différente, et que cela rend encore difficile d'établir l'empreinte écologique globale de la production d'insectes.

L'ACV de Oonincx et de Boer (2012), tout comme les cinq autres ACV, provient d'Europe et cela modifie également l'interprétation qu'on peut en faire. En contexte québécois, plusieurs éléments auraient une incidence sur les résultats. Premièrement, leur analyse de cycle de vie mentionne l'utilisation de gaz naturel pour se chauffer et l'utilisation d'électricité pour combler les autres besoins énergétiques. Les données varieraient si le chauffage était également à base d'électricité et plus particulièrement d'hydroélectricité. On sait que l'impact environnemental de la production d'électricité à partir de centrales hydroélectriques est moins important qu'à partir de centrales au charbon (Hydro-Québec, 2003).

En ce qui a trait au tableau de comparaison avec d'autres aliments, il faut tenir en compte que le pourcentage de protéine de chaque aliment affecte les données. L'utilisation d'autres teneurs en protéines viendrait faire varier les données.

Les impacts environnementaux qui ont été étudiés dans cette section ne sont pas non plus exhaustifs. En effet, les cinq autres ACV font état de plusieurs autres impacts qui peuvent être pris en compte. Le tableau 3.5 illustre les impacts environnementaux qui ont été analysés dans les six ACV.

Tableau 3.5 Catégories d'impacts environnementaux analysées dans la littérature (tiré de Halloran et al., 2016)

Impact categories	(Oonincx and de Boer 2012) ¹	(van Zanten et al. 2015)	(Roffeis et al. 2015)	(Smetana et al. 2015)	(Salomone et al. 2016)	(Smetana et al. 2016)
Climate change (expressed in GWP)	X	X			X	
Climate change—ecosystems				X		X
Climate change—human health				X		X
Ozone depletion				X	X	X
Human toxicity				X	X	X
Photochemical oxidant formation				X	X	X
Particulate matter formation				X		X
Ionizing radiation				X		X
Terrestrial acidification				X	X	X
Freshwater eutrophication				X	X	X
Terrestrial ecotoxicity				X	X	X
Freshwater ecotoxicity				X	X	X
Marine ecotoxicity				X	X	X
Agricultural land occupation			X	X		X
Urban land occupation				X		X
Natural land transformation				X		X
Metal depletion				X		X
Fossil depletion			X	X		X
Abiotic depletion					X	
Energy use	X	X				
Land use	X	X				
Water depletion potential			X			

¹ The water depletion potential (water footprint) of mealworm production was calculated by Miglietta et al. 2015 using data from Oonincx and de Boer 2012

On remarque que Smetana et al. (2015) et Smetana et al. (2016) ont pris en considération beaucoup plus de catégories d'impacts. On observe également que tous les auteurs ne quantifient pas les mêmes impacts. Il faut donc rester prudent quant aux conclusions apportées.

Ensuite, il faut comprendre que l'étude de Oonincx et de Boer (2012) a été faite dans des conditions contrôlées et à petite échelle seulement (seule l'étude de Smetana et al. (2016) semble avoir été faite à une plus grande échelle). Le même genre d'analyse faite dans un contexte de grande échelle où des imprévus peuvent survenir pourrait probablement voir des changements au niveau des résultats. Par exemple, Kevin Bachhuber, de Big Cricket Farm, met de l'avant le fait que chaque insecte, par ses mouvements, émet un peu de chaleur. Ainsi, une pièce où sont élevés 750 000 criquets génère beaucoup de chaleur qui peut influencer fortement la température d'une pièce dédiée à l'élevage (Bachhuber, 2016). Qu'en est-il pour les 100 000 000 d'insectes d'Entomo Farms (Goldin, 2016)? Quand on sait que la chaleur humaine permet de chauffer un bâtiment énergétiquement performant (Francoeur, 2010), il est certain qu'une telle quantité d'insectes a également un impact sur l'énergie nécessaire pour le chauffage. Il est donc nécessaire de se pencher sur des productions à grande échelle.

Enfin, l'étude d'Oonincx et de Boer (2012) porte sur seulement deux espèces d'insectes, deux types de larves de mouches. Les cinq autres ACV ne traitent que de deux espèces d'insectes additionnelles, la mouche domestique (*Musca domestica*) et la mouche noire soldat (*Hermetia illucens*) (Halloran et al., 2016). Comme il est dit plus haut, il existe plus de 2 000 espèces d'insectes comestibles à travers le monde. Il est certain que chaque espèce se développe à sa manière et doit donc bénéficier de conditions d'élevage différentes. Ainsi, avant de supposer que la production d'insectes est plus respectueuse pour l'environnement, il faut nécessairement étudier plus d'espèces et approfondir les recherches sur le sujet.

3.1.9 Impacts de l'importation par rapport à la production locale

Les impacts environnementaux liés aux importations d'insectes sont relativement les mêmes que pour les autres aliments. Le transport et la délocalisation de la production sont de ceux ayant le plus grand impact. Au Québec, les aliments se retrouvant dans le panier d'épicerie ont parcouru en moyenne entre 3 500 et 5 000 kilomètres de distance (Conseil québécois de l'horticulture, 2010) et les insectes ne font pas exception. Le transport des produits sur une grande distance a un impact important sur les changements climatiques. En effet, en Grande-Bretagne, une analyse de cycle de vie des émissions liées au système alimentaire démontrait que le transport des aliments était responsable de 10 % des émissions de gaz à effet de serre de ce secteur (DeWeerd, 2009). La délocalisation quant à elle permet aux entreprises de produire dans des pays où les normes environnementales sont moins sévères. Cela engendre des impacts environnementaux importants.

Ainsi, la production locale permet d'éviter en grande partie ces effets, dans la mesure où les produits sont consommés localement et non pas exportés. La consommation locale (souvent arbitrairement définie par 160 km du lieu de production, en référence à l'ouvrage *The 100-mile diet*) permet de limiter les émissions et la pollution engendrées par le transport, les processus de transformation, les emballages, la réfrigération et la conservation tout en réduisant la nécessité de produire des variétés résistantes au transport sur de longues distances (Côté, 2016; Cohen, 2011). Il faut tout de même rester objectif et prendre en considération qu'une production locale hautement énergivore, dans un climat à l'hiver rigoureux, peut avoir une empreinte environnementale plus élevée que l'importation depuis des pays tropicaux.

3.1.10 Bien-être animal

La notion de bien-être animal existe depuis longtemps. En 1965, Brambell (1965) a décrit les normes que les industries de l'élevage devaient atteindre. Il nommait l'affranchissement de la faim, de la soif, de l'inconfort, de la douleur, des maladies, de la crainte, de la détresse ainsi que la possibilité d'exprimer un comportement normal (Brambell, 1965). Plus de 50 ans plus tard, de sérieux doutes persistent quant à l'atteinte de ces normes par les industries. L'élevage d'insectes pourrait répondre plus facilement à ces normes. En effet, même si les élevages se font souvent dans des lieux confinés, plusieurs espèces

d'insectes, comme les ténébrions meuniers ou les criquets, ont le loisir de se regrouper et de suivre leur instinct grégaire.

Bien que nous n'ayons que peu de connaissances sur la douleur et l'inconfort ressentis par les insectes, quelques travaux sur le sujet ont été entrepris (Erens, Es van, Havertkort, Kapsomenou et Luijben, 2012). Une étude sur la nociception, ou la « perception sensorielle des stimuli potentiellement nocifs et dangereux », chez les drosophiles a démontré que les gènes de nociception existaient chez l'insecte et étaient identiques à ceux des mammifères (Neely et al. (2011). « Cependant, il n'est pas certain soit qu'ils agissent par simple réflexe, soit qu'ils mobilisent des circuits neuronaux plus élevés » (FAO, 2014). Hans Smid, PhD, de l'Université de Wageningen, qui se spécialise dans la recherche sur les variations naturelles de l'apprentissage et de la formation de la mémoire et sur la plasticité du cerveau des guêpes parasites, a déclaré au Washington Post : « Je suis absolument convaincu que les insectes ne ressentent pas la douleur » (McWilliams, 2014). Le professeur de biologie de l'Université Queens à Belfast, Robert Elwood, est du même avis. Il explique que la douleur ne fournit aucun avantage aux insectes. Dans la perspective de l'évolution, la seule raison de la douleur qui lui paraît logique est qu'elle permet une protection à long terme. Or, l'espérance de vie des insectes dépasse rarement quelques semaines (McWilliams, 2014). Toutefois, tout le monde n'est pas d'accord avec cet avis. C'est pourquoi, dans le doute, il existe des méthodes de mise à mort des insectes limitant la souffrance comme la congélation, l'ébouillantage ou le déchiquetage instantané.

Enfin, un dilemme éthique peut apparaître si on prend en considération le nombre de vies enlevées pour nourrir un humain. Une vache ou un cochon correspond à combien de grillons? Des milliers, voire des centaines de milliers? Consommer des insectes implique nécessairement de prendre beaucoup de vies pour nourrir une seule personne. C'est à chacun de se positionner par rapport à ce dilemme.

3.2 Enjeux sociaux

L'industrie des insectes destinés à la consommation humaine fait face à un obstacle important dans son déploiement : le degré d'ouverture de la population occidentale à intégrer les insectes dans son menu. Tel que vu précédemment, la pratique de l'entomophagie ne s'est jusqu'ici pas intégrée dans la culture québécoise et on semble considérer cette pratique presque dégoûtante. Mais les esprits s'ouvrent et les gens sont davantage conscients des enjeux alimentaires planétaires. Cette section fournit une bonne idée de l'état d'ouverture de la population face à cette pratique. Il s'agit d'une section se penchant majoritairement sur les consommateurs comme partie prenante. D'abord, une explication de la relation qu'ont les Québécois et autres occidentaux avec les insectes permettra de comprendre certains éléments révélateurs à savoir pourquoi l'entomophagie ne s'est jamais développée au Québec. Puis, les résultats d'un sondage permettront d'établir l'état actuel des connaissances et de l'ouverture d'esprit des gens face à cette pratique et tout ce qui l'entoure.

3.2.1 Relation avec les insectes

Les choix alimentaires des individus dépendent d'une multitude de facteurs poussant à la consommation de certains produits plutôt que d'autres. Parmi ceux-ci figurent les normes culturelles, les attitudes individuelles, le goût personnel, les expériences passées, les conditions situationnelles et sociales de consommation, etc. (Séré de Lanauze, 2015). Malheureusement, ces facteurs font souvent en sorte de confiner les habitudes alimentaires dans un périmètre local (genre de zone de confort) et induisent une inertie face au changement pour des aliments non familiers (Séré de Lanauze, 2015). Toutefois, les frontières s'ouvrent et les plats et les pratiques culinaires traversent les pays. Grâce aux médias et à l'ouverture du tourisme, la notoriété de certains aliments augmente (par exemple, les sushis, le quinoa ou le boulgour) et ces aliments réussissent à s'intégrer à nos habitudes. À cela s'ajoutent les considérations envers la justice sociale, les considérations environnementales et les conditions sanitaires qui affectent nos choix alimentaires (Séré de Lanauze, 2015). Cela pourrait entraîner un contexte favorable à l'entomophagie.

Historique

Il semblerait qu'on pense que les insectes n'ont pas eu de succès en occident à cause de la domestication des plantes (menant à l'agriculture) et des grands mammifères terrestres herbivores et omnivores. Ces grands mammifères, au nombre de 14 et chacun pesant au moins 45 kilogrammes, ont majoritairement été domestiqués dans la région de l'Eurasie.

« Non seulement ces animaux produisaient de grandes quantités de viande (les faisant les principaux fournisseurs d'aliments d'origine animale), mais aussi de la chaleur animale, des produits laitiers, du cuir, de la laine, de la force de travail pour le labour ou le transport (FAO, 2014). »

Alors que la quantité d'insectes disponibles pour la consommation dépend des saisons et n'offre donc pas une source stable de nourriture, l'augmentation du rendement et de la productivité de l'agriculture a transformé le mode de vie chasseur-cueilleur pour un mode de vie sédentaire et par le fait même, a

contribué à la perte d'intérêt pour les insectes comme aliments (DeFoliart, 1999). Par la suite, les insectes ont été perçus comme une nuisance face à l'agriculture et la production alimentaire. « En bref, les sources de nourriture non domestiquées sont, en général, devenues moins étendues » (DeFoliart, 1999). Par la suite, l'urbanisation, toujours croissante, a fait en sorte de maintenir l'homme hors de la portée de la nature et ainsi amplifier la distance et le rejet des insectes.

À part les abeilles, les cochenilles et les vers à soie, les insectes semblent n'avoir jamais été domestiqués par l'homme comme production industrielle pour les manger. De toute façon, tous les animaux ne sont pas sujets à la domestication. Diamond (2005) a identifié six caractéristiques que l'animal doit avoir pour être domestiqué :

1. « un régime alimentaire adéquat (les herbivores sont les plus faciles à garder et les plus efficaces comme ressource alimentaire);
2. un taux de croissance élevé (il est plus économique et plus avantageux d'investir dans des animaux à croissance rapide);
3. la capacité à être élevé en captivité (certains animaux refusent tout simplement de le faire);
4. une disposition à la domestication (p. ex. la domestication du cheval a réussi, mais celle des zèbres a échoué du fait de leur agressivité et de leur tendance à mordre sans relâche);
5. un comportement relativement calme (les animaux qui ont tendance à paniquer peuvent créer des situations dangereuses);
6. une structure sociale hiérarchique claire (permettant à l'homme de prendre la place du chef) » (FAO, 2014).

Bien que les insectes soient des animaux, ce ne sont pas des mammifères et les caractéristiques ci-dessus ne peuvent pas être infaillibles. Il semblerait plutôt que ce soit le contexte historique qui a mené à la non-domestication des insectes.

Relation actuelle

Avec le temps, l'attitude négative des occidentaux face aux insectes s'est profondément enracinée dans la société (Kellert, 1993). L'entomophagie est considérée comme une pratique primitive et les insectes perçus comme des nuisibles (Pimentel, Dritschilo, Krummel et Krutzman, 1975; Pimentel, 1991; Vane-Wright, 1991; Ramos Elorduy, 1997; Tommaseo Ponzetta et Paoletti, 1997). Les moustiques nous font ressentir de la souffrance en nous piquant, les fourmis envahissent nos maisons, les termites détruisant même nos ouvrages en bois. Certains transmettent des maladies parfois graves comme le paludisme, l'encéphalite virale, la maladie de Chagas, la maladie de Lyme ou la maladie africaine du sommeil (FAO, 2014). Les araignées, cousins des insectes, nous répugnent et nous font peur et peuvent être associées à des infections ou des douleurs. « Les papillons et les coccinelles figurent parmi les rares insectes qui ne provoquent pas l'aversion, l'évitement, le dégoût et le dédain » (Kellert, 1993; Looy et Wood, 2006; FAO, 2014). Pourtant, cette vision n'est pas la même ailleurs. « Dans de nombreuses régions tropicales du monde, les insectes jouent des rôles décoratifs, sont utilisés pour divertissement, en médecine, en sorcellerie, et sont présents dans les mythes, les légendes et les danses » (Meyer-Rochow, 1979; Yen, Hanboonsong et van Huis, 2013; FAO, 2014).

C'est pourquoi le premier responsable de la non-intégration des insectes dans notre alimentation est sans aucun doute la dimension culturelle. En effet, les attitudes si différentes face à l'entomophagie d'un endroit à l'autre du monde traduisent l'importance de la culture dans les choix et les comportements alimentaires et l'explication de la résistance aux changements (Wright, Nancarrow et Kwok, 2001). Dans les pays occidentaux, notamment au Québec, les insectes ne sont pas considérés comme étant comestibles (Séré de Lanauze, 2015), alors que dans beaucoup d'autres pays, c'est le cas. Un postulat répandu tend à avancer que les insectes ne sont consommés que dans les pays tropicaux. Ce n'est pas tout à fait vrai, même si on peut admettre qu'en général, la consommation d'insectes est plus courante sous les tropiques (FAO, 2014). Des raisons expliquant ce phénomène sont les suivantes :

- « Les insectes tendent à être plus gros sous les tropiques, ce qui facilite la récolte;
- Sous les tropiques, les insectes se rassemblent souvent en grand nombre, ce qui permet de récolter en une seule fois de grandes quantités;
- Une diversité d'espèces d'insectes comestibles peut être trouvée tout au long de l'année sous les tropiques;
- Pour de nombreuses espèces d'insectes sous les tropiques, la récolte est prévisible » (FAO, 2014).

Toutefois, ces explications ne s'appliquent pas nécessairement uniquement aux insectes des tropiques et donc ne peuvent pas sous-entendre que l'entomophagie ne se pratique que sous les tropiques. Par exemple, certains insectes comme les papillons monarques peuvent aussi se regrouper en grand nombre au Canada avant leur migration annuelle (Crewe et McCracken, 2015).

3.2.2 Acceptabilité sociale

Afin d'évaluer l'état actuel de l'entomophagie et des perceptions des gens par rapport à elle au Québec et dans d'autres pays occidentaux, un sondage a été mené auprès de la population. Les résultats du sondage sont compilés dans cette section suivis d'un aperçu d'une autre étude.

Méthodologie du sondage

Le sondage a été élaboré par moi-même, Médhavi Dussault, à l'aide du soutien de Louise Hénault-Ethier, PhD. L'objectif de ce sondage était d'obtenir l'opinion de la population québécoise et occidentale quant à la pratique de l'entomophagie et de divers éléments qui l'entourent. Pour y parvenir, environ 40 questions étaient posées, dont 30 sur le sujet et 10 pour les données sociodémographiques. D'abord, trois questions visaient à évaluer le niveau de connaissance de l'entomophagie. Ensuite, une question demandant s'ils avaient déjà consommé des insectes orientait différemment les répondants selon leur réponse. Pour ceux ayant répondu oui, une série de questions visaient à connaître les raisons d'en avoir mangé, la fréquence, la quantité, et s'ils seraient prêt à recommencer. Pour ceux ayant répondu non, une question demandait pourquoi, suivie d'une autre demandant à savoir s'ils seraient prêts à essayer. Pour les deux cheminements, selon la réponse à leur dernière question, une question visait encore à savoir pourquoi. Par la suite, six questions quant à la forme et la préparation des insectes étaient posées. Finalement, 13 questions étaient posées sur des éléments plus pratiques ou techniques comme l'endroit où trouver les produits en

supermarché, l'emballage, l'encadrement de la production, les aliments à donner aux insectes, le type de production, etc. Pour terminer le sondage, les questions sociodémographiques suivantes étaient posées : le sexe, l'âge, le niveau de scolarité, la langue maternelle, l'appartenance à une nationalité qui consomme traditionnellement des insectes, la ville, l'état/province, le pays, la situation d'emploi et le revenu. Toutes les questions sont en annexe 5.

Avant sa finalisation, le questionnaire a été révisé par une spécialiste en la matière, la professeure Gale West de l'Université Laval. Le sondage a d'abord été créé en français puis une version traduite en anglais a été produite. Chacune des deux versions contenait en ouverture une phrase dans la langue opposée ainsi qu'un lien menant à l'autre version, permettant ainsi aux gens de répondre dans la langue qu'ils préféraient. Les deux versions, élaborées sur *Google Form*, ont été déposées en ligne simultanément durant 5 mois, du 30 juin au 30 octobre 2016 et ont permis de recueillir 715 réponses. De ce nombre, 583 provenaient de la version française et 132 de la version anglaise. Ce nombre de répondants est bien supérieur aux autres sondages de ce genre publiés dans la littérature scientifique, où, par exemple, l'étude de Gilles Séré de Lanauze était basée sur les réponses de 60 répondants. Le sondage a été partagé dans de nombreux groupes Facebook, autant par Médhavi Dussault que par Louise Hénault-Éthier, ainsi que dans les réseaux professionnels (LinkedIn et réseaux académiques) de cette dernière. Il a par la suite été partagé à nouveau par plusieurs répondants. Un article du Journal de Montréal, paru le 29 août 2016 et s'intitulant *Nourris aux larves*, a également affiché le lien internet menant au sondage en ligne tout comme l'article *Mangeriez-vous des insectes?* paru le 12 septembre 2016 dans le Bulletin des Agriculteurs (Dumont, 2016; Parent, 2016b). Le lien vers les questions du sondage et le lien menant aux réponses sont disponibles en annexe 6.

Méthodologie d'analyse du sondage

Afin d'analyser les réponses du sondage, des tests statistiques ont été faits. Dans un premier temps, les données sociodémographiques ont été compilées, puis une série de tests a été effectuée afin de voir si ces facteurs influençaient les autres réponses (p. ex. est-ce que l'âge du répondant influence le fait qu'il connaisse l'entomophagie). Une première série de tests a été effectuée avec le logiciel statistique JMP 10 selon les recommandations de Gale West de l'Université Laval et avec l'aide de Louise Hénault-Ethier, puis une seconde série avec le logiciel IBM SPSS 22, avec l'aide de Aziz Mouden, doctorant en mathématique à l'Université de Sherbrooke. Comme les réponses recueillies étaient automatiquement compilées dans un chiffrier en ligne *Google Sheets*, elles ont été transférées vers Excel pour la préparation d'une matrice d'analyse statistique. Les réponses de chaque question ont d'abord été codifiées, c'est-à-dire uniformisées (pour les questions ouvertes) ou transformées de manière à devenir des chiffres (p. ex. tous les oui d'une réponse sont devenus des 1 et les non des 2). Le nom de chaque question a ensuite été modifié pour faciliter l'analyse (p. ex. la question « Avez-vous déjà mangé un(des) insecte(s)? » est devenue ALR_EAT). Pour les questions permettant de choisir plusieurs réponses, un nom abrégé a été créé pour chacun des choix de réponse. Ainsi, une fois finalisée, la matrice, présentait 112 paramètres équivalents aux 40 questions. Le tableau de l'annexe 7 illustre chacun des noms abrégés des questions. Finalement, certaines

questions avaient des choix de réponses avec très peu de répondants, limitant ainsi la possibilité de réaliser des tests statistiques sur des groupes équilibrés. Pour contourner ce problème, pour ces questions, un ou plusieurs choix de réponses ont été combinés afin d'en augmenter le nombre de réponses (p.ex. la question demandant l'âge des répondants a été simplifiée afin de passer de 8 catégories de réponses (moins de 18 ans, 18-24 ans, 25-34 ans, 35-44 ans, 45-54 ans, 55-64 ans, 65-74 ans et 75 ans et plus) à 4 catégories de réponses (moins de 24 ans, 25-44 ans, 45-64 ans et 65 ans et plus)).

L'influence des facteurs sociodémographiques sur les choix des répondants a été analysée à l'aide du test du khi-deux (ou chi-carré). Ce test statistique permet de vérifier l'hypothèse d'indépendance entre deux variables. Le seuil de signification utilisé était de 0,05 et donc si la probabilité (p) était plus petite (<) que 0,05, une dépendance statistique entre les variables était rapportée. Le premier test a été fait pour comprendre si la langue de réponse (donc les répondants au sondage en français ou en anglais) affectait l'ensemble des autres réponses. Les tests ont montrés que la langue de réponse (ANSWER_LANGUAGE) influençait significativement la connaissance de l'entomophagie (KNOW_EP) ($p = 0,0060$), l'attente des consommateurs sur le positionnement des produits d'insectes au supermarché (SHELF) ($p = 0,0003$), l'encadrement de la production d'insectes (FRAME) ($p < 0,0001$), la perception de l'étendue de la pratique de l'entomophagie (WIDESPREAD) ($p = < 0,0001$), etc. Pour 19 des 58 paramètres analysés, le test démontrait que la langue de réponse influençait significativement la réponse. Cela a été considéré comme important, et comme les deux groupes n'étaient pas équilibrés, il fut décidé que des tests ultérieurs se feraient uniquement sur les réponses ayant été données dans la version française du questionnaire. Cette recommandation pourra être prise en compte dans la préparation d'un article scientifique ultérieur.

Pour les objectifs de cet essai, des analyses visant à faire ressortir l'influence des facteurs sociodémographiques sur les réponses ont été conduites (p. ex. y a-t-il plus de femmes que d'hommes de 24-35 ans qui ont déjà consommé des insectes?) avec l'ensemble des participants au sondage.

Résultats

Cette sous-section présente les résultats les plus pertinents, mais l'ensemble des tests effectués est également disponible en annexe 6.

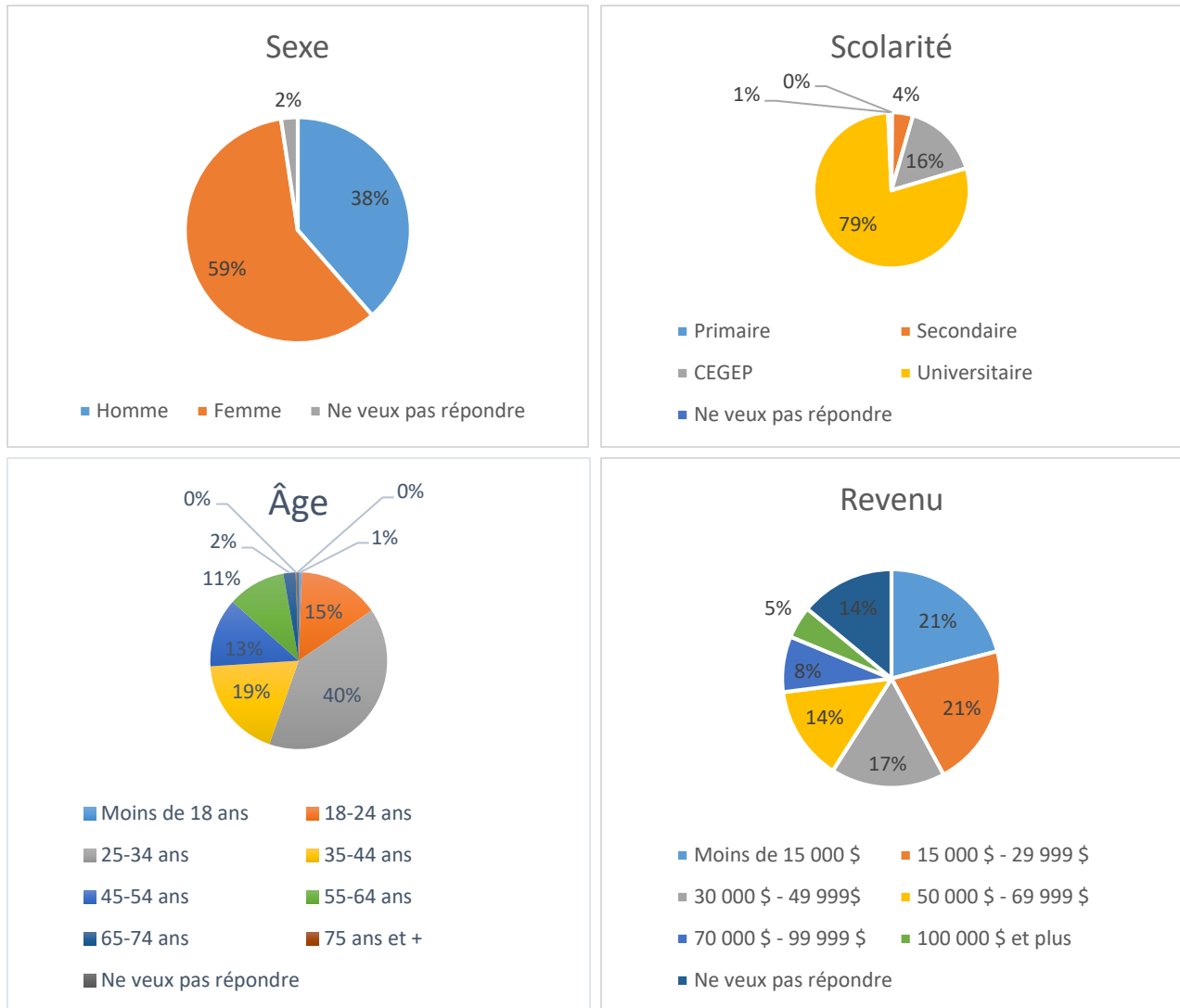


Figure 3.6 Données sociodémographiques du sondage

Le sondage a rejoint des répondants de divers groupes sociodémographiques (figure 3.6). Il y avait plus de femmes (59 %) que d'hommes (38 %). Une majorité de répondants (79 %) possédait un diplôme universitaire. Malgré les démarches entreprises pour atteindre l'ensemble de la population (articles de journaux non-académiques et partages dans divers réseaux sociaux), il a été impossible d'équilibrer la scolarisation des répondants. La tranche d'âge de 25-34 ans est la plus représentée avec 40 %. Pour ce qui est de la situation de travail, plus de la moitié des répondants sont des travailleurs à temps plein (53 %), alors que l'autre groupe le plus important est constitué des étudiants à temps plein (19 %). Finalement, 79 % des réponses provenaient du Canada et 69 % du Québec, ce qui nous permet de conclure que les réponses représentent majoritairement l'opinion des Québécois, comme défini dans notre objectif initial.

D'un point de vue purement descriptif, le sondage révèle plusieurs choses. D'abord, plus de 90 % des répondants connaissent l'entomophagie. Cela est notablement plus élevé par rapport à un sondage effectué en 2014, en Belgique, où 61,9 % des répondants connaissaient l'entomophagie (Medigo et al., 2014). Il y a également plus de 50 % des répondants qui considèrent qu'il s'agit d'une pratique qui est très ou plutôt répandue dans le monde. De l'ensemble des répondants, près de 50 % ont déjà goûté à des insectes dans une dégustation et presque 5 % en consomment régulièrement. De ceux-ci, la grande majorité n'en a toutefois consommé qu'une seule fois ou n'en consomme qu'une fois par année. Il reste que plus de 90 % des répondants seraient prêt à essayer d'en manger de nouveau. De ceux n'en ayant jamais mangé, près de 60 % seraient prêt à tenter l'expérience. Dans l'étude de Medigo et al. (2014), c'était toutefois près 78 % des répondants qui étaient prêt à le faire. Ainsi, l'engouement pourrait être moins élevé au Québec.

La consommation antérieure d'insectes était significativement influencée par le sexe des répondants ($p < 0,0001$) et par l'âge mais de façon moins significative, approchant le seuil de signification préétabli ($p = 0,0424$). La figure 3.7 illustre les résultats de la répartition des réponses à la question selon le sexe, l'âge et le revenu

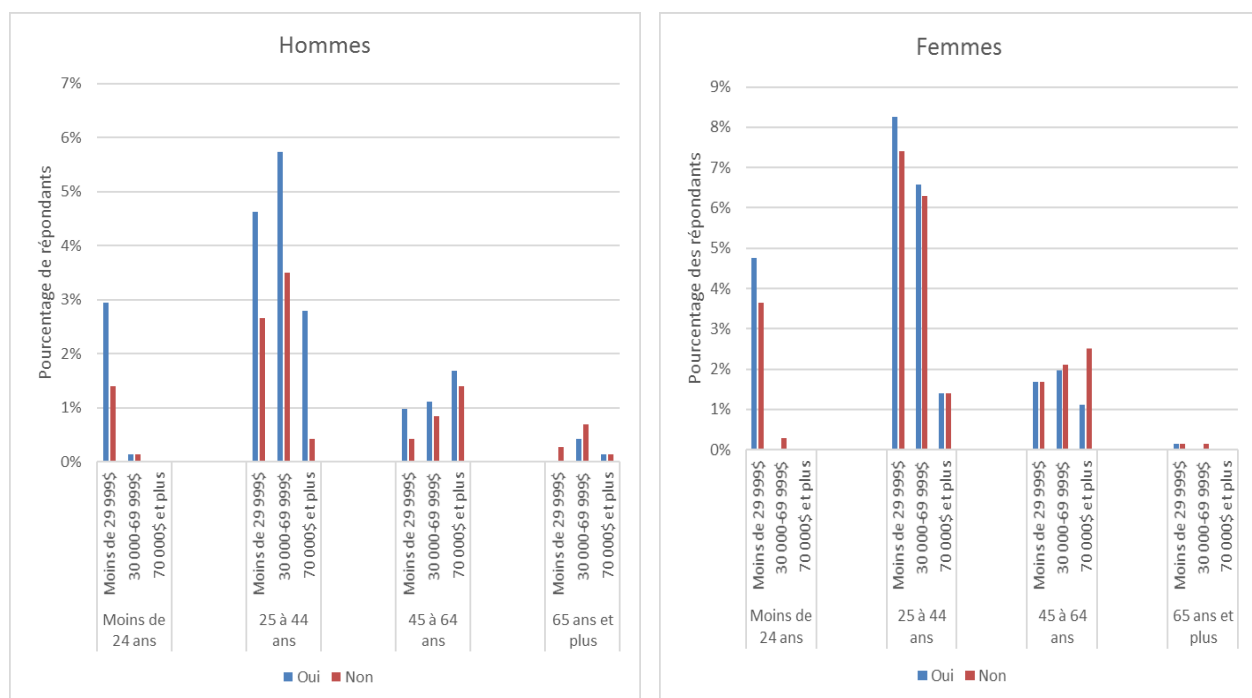


Figure 3.7 Réponses à la question « Avez-vous déjà consommé des insectes? », selon le sexe et le revenu des répondants

Dans le graphique des hommes, la proportion des répondants ayant répondu oui à la question est plus grande que celle de ceux ayant dit non, et ce, dans presque toutes les catégories. Chez les femmes, les proportions sont plus égales entre les oui et non. La plus grande proportion d'hommes ayant déjà consommé des insectes provient de ceux entre 25 et 44 ans et ayant un revenu entre 30 000 \$ et 69 999 \$. Chez les femmes, il s'agit de la même catégorie d'âge, mais avec un revenu de moins de 29 999 \$.

Plusieurs raisons expliquent pourquoi en avoir déjà mangé. La figure 3.8 fait état des réponses selon le sexe des répondants.

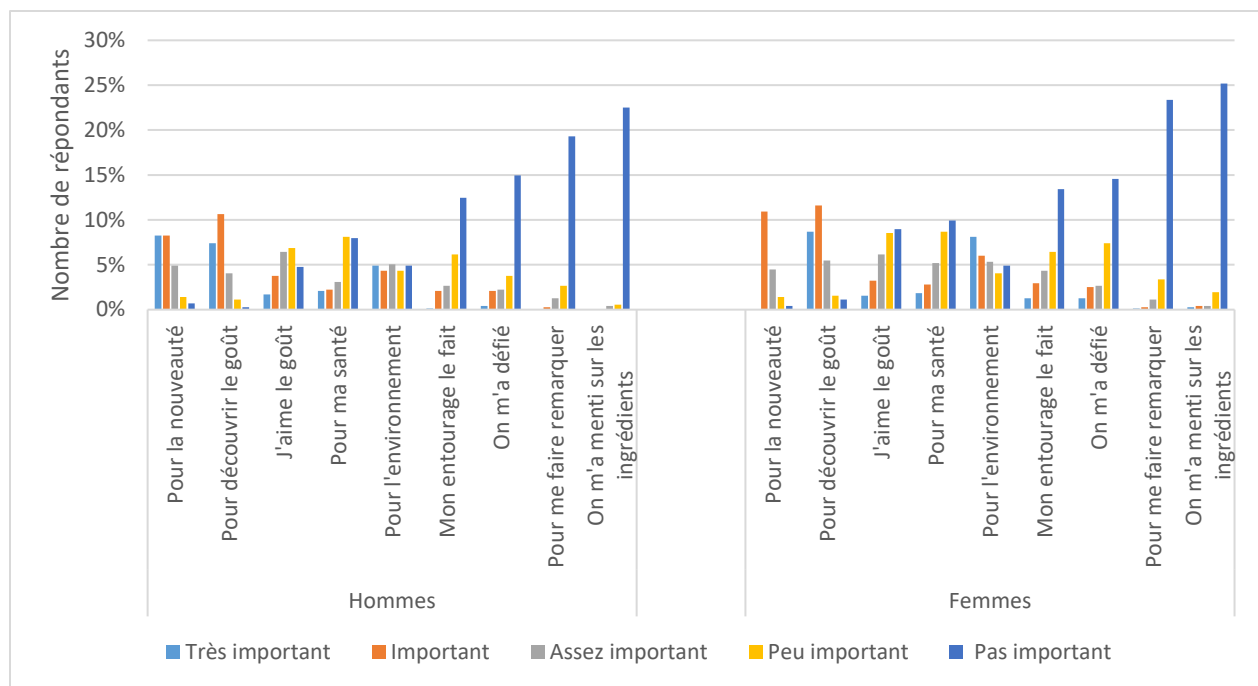


Figure 3.8 Réponses à la question : « Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? », selon le sexe des répondants

Quatre raisons ont majoritairement été considérées comme pas importantes, autant pour les femmes que les hommes, soit le fait que l'entourage le fasse, d'être défié de le faire, pour se faire remarquer et le fait d'avoir été menti sur les ingrédients dans un produit. La plus grande proportion d'hommes considère comme très importante et importante les raisons de la nouveauté et de la découverte du goût, alors que pour les femmes, la découverte du goût est suivie des considérations environnementales puis de la nouveauté. On observe ainsi que les gens ont essayé de goûter aux insectes, car il s'agit d'un produit nouveau et inconnu qui peut valoir la peine de découvrir. La raison de la santé est considérée comme peu ou pas importante par la majorité des hommes et des femmes. Cela peut venir du fait que les gens ayant mangé des insectes l'ont fait uniquement lors d'une dégustation sans considération autre que la découverte de ce produit.

Pour les répondants n'en ayant jamais mangé, une question visait à savoir pourquoi. La figure 3.9 illustre le résultat de l'analyse des raisons en fonction du sexe et de l'âge.

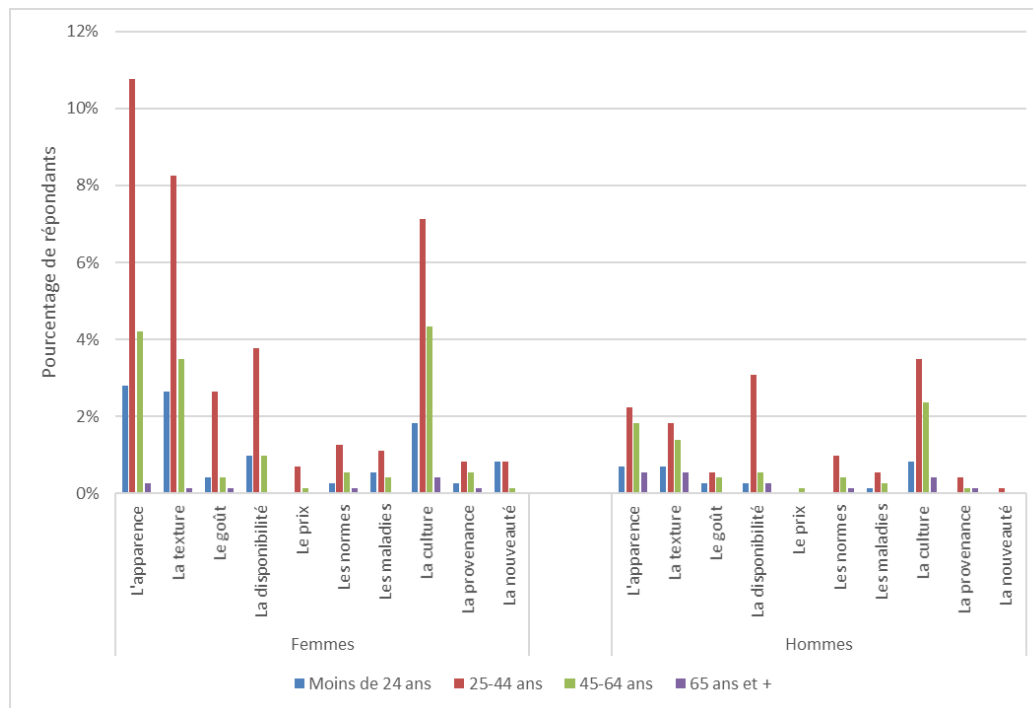


Figure 3.9 Réponses à la question « Pour quelles raisons n'en avez-vous jamais consommé? », selon le sexe et l'âge des répondants

L'apparence, la texture et la culture semble justifier pourquoi les femmes, tous âges confondus, n'avaient jamais mangé d'insectes. Chez les hommes, on observe les mêmes raisons, additionnées de la disponibilité, qui semble être une raison importante pour une grande proportion d'hommes, majoritairement ceux de 25-44 ans. Ainsi, les hommes et les femmes de tous âges ne consomment pas d'insectes parce que leur apparence n'est pas appétissante, car leur texture n'est pas attirante et parce qu'il s'agit d'une pratique qui n'est pas intégrée dans leur culture. Pour les hommes de 25 à 44 ans, le fait qu'il n'y ait pas suffisamment de produits disponibles a un rôle à jouer dans le fait qu'ils en mangent ou non. À l'inverse, une faible proportion de femmes et d'hommes considère le prix, la provenance et la nouveauté comme des raisons valables pour ne pas manger d'insectes. Pour cette question, une analyse de la variance (ANOVA) aurait pu être effectuée pour comprendre si les différences observées étaient statistiquement significatives. Cette analyse pourra être réalisée dans une publication ultérieure.

Le sexe des répondants a une influence sur le fait de vouloir ou non essayer de manger des insectes chez ceux n'en ayant jamais consommé auparavant ($p = 0,0015$) (figure 3.10).

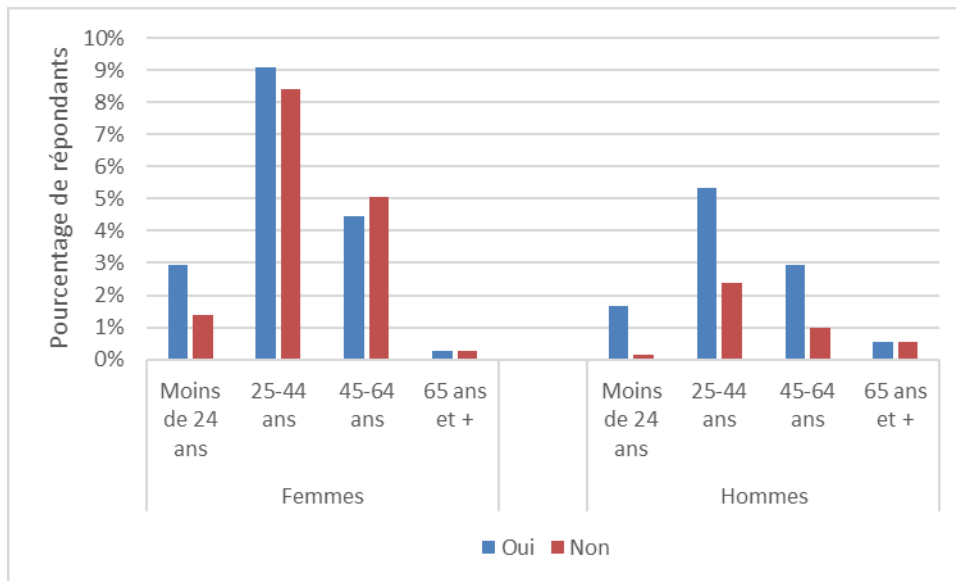


Figure 3.10 Réponses à la question : « Seriez-vous prêt à essayer? », selon le sexe et l'âge des répondants

Pour les catégories d'âge de moins de 24 ans et de 25 à 44 ans, la proportion de femmes prête à manger des insectes est plus grande que celle n'étant pas prête. C'est l'inverse pour celles de 45 à 64 ans, alors que pour celles de 65 ans et plus, c'est la même proportion. Chez les hommes, pour toutes les catégories d'âge, sauf ceux de 65 ans et plus, une plus grande proportion est prête à manger des insectes. La plus grande proportion d'hommes et de femmes prêts à manger des insectes est constituée de ceux ayant entre 25 et 44 ans. Toutefois, on ne peut comparer directement l'ouverture à la pratique entre les femmes et les hommes, car il s'agit ici du cinquième du total des répondants reflétant le fait qu'il y avait plus de femmes répondantes.

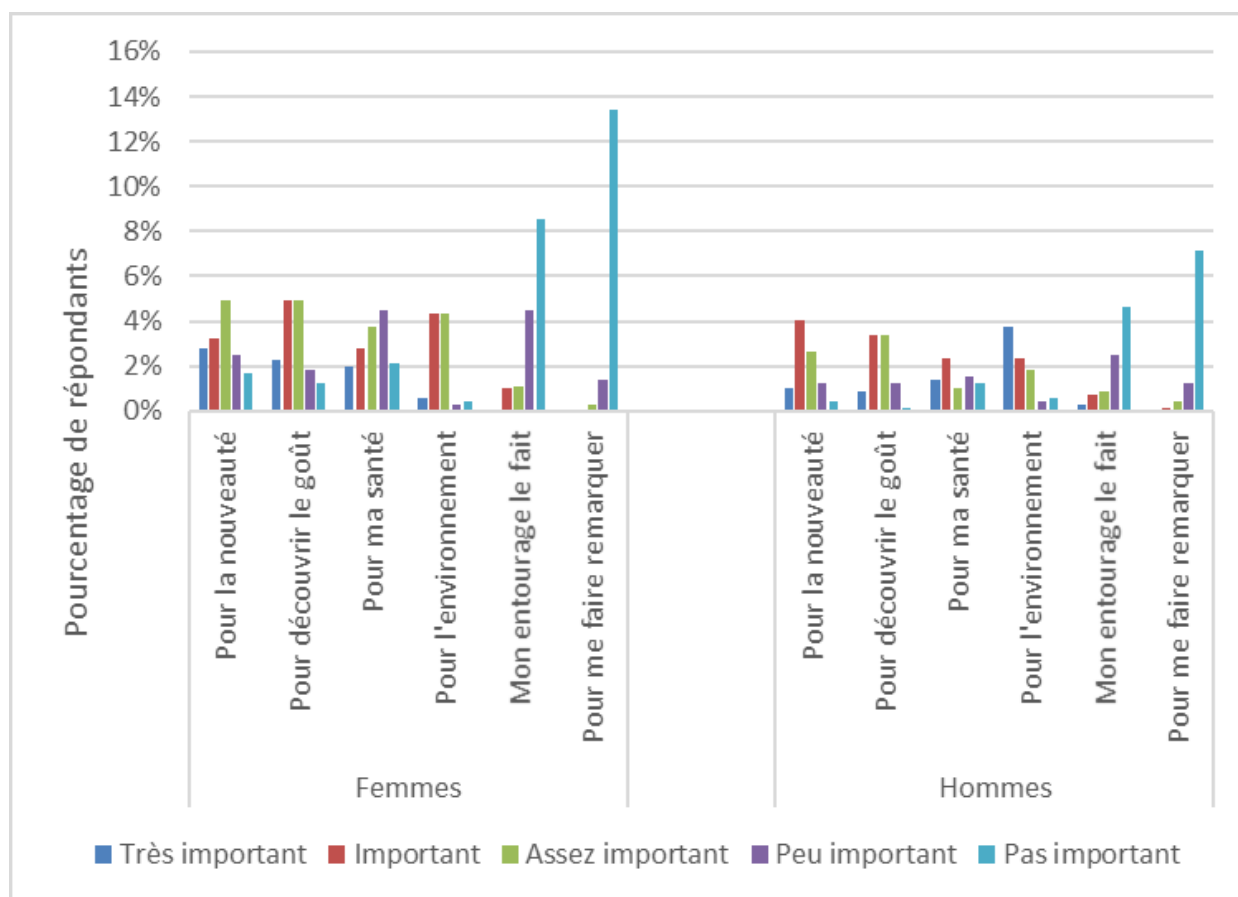


Figure 3.11 Réponses à la question : « Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes? », selon le sexe des répondants

Pour les deux sexes, une plus grande proportion de répondants exprime que les raisons que l'entourage le fait et pour se faire remarquer ne sont pas importantes. Pour une grande proportion d'hommes, la raison de l'environnement est une raison très importante, suivi de la nouveauté et de la découverte du goût, qui sont importantes. Chez la majorité des femmes, la raison qui est très importante est la nouveauté suivie de la découverte du goût et pour la santé. L'environnement et la découverte du goût sont ensuite les raisons qui sont importantes. Cela se rapproche des conclusions de la figure 3.8. Pour cette question, une analyse de la variance (ANOVA) aurait pu être effectuée pour comprendre si les différences observées étaient statistiquement significatives. Cette analyse pourra être réalisée dans une publication ultérieure.

Le fait que les insectes puissent constituer une source de protéines alternatives était significativement influencé par le sexe des répondants ($p < 0,0001$) (figure 3.12).

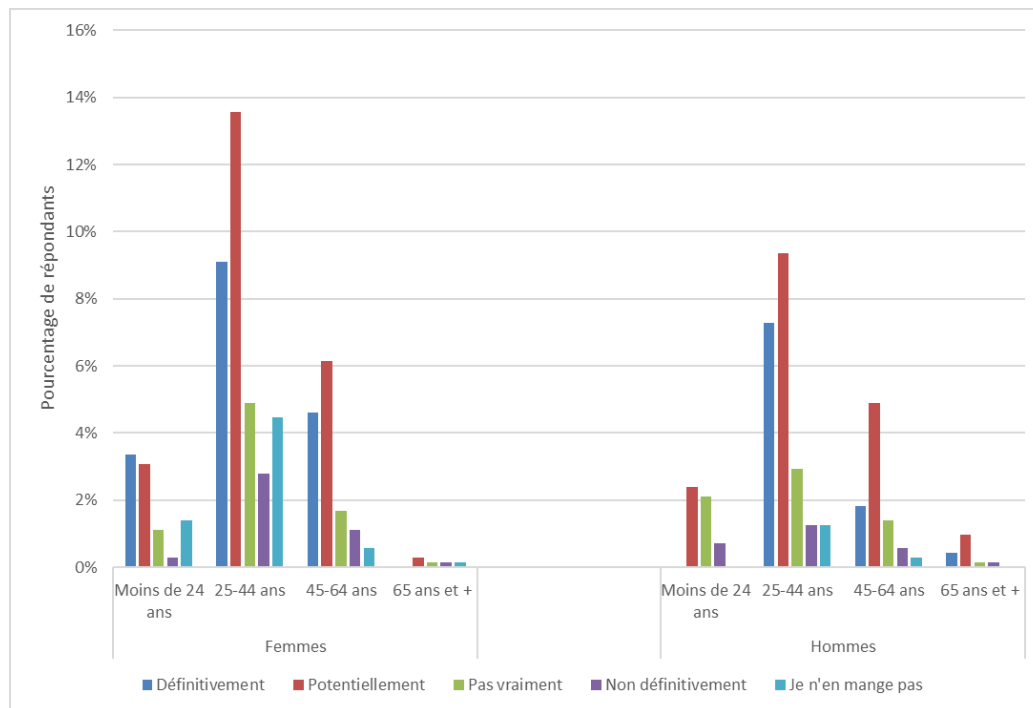


Figure 3.12 Réponses à la question : « Pensez-vous que les insectes pourraient constituer une source de protéines intéressante pour remplacer votre consommation de viande? », selon le sexe et l'âge des répondants

La figure 3.12 démontre qu'une grande proportion des deux sexes considère que les insectes peuvent constituer potentiellement et définitivement une source alternative intéressante de protéines. Cependant, aucun homme de moins de 24 ans n'indique qu'il s'agit définitivement d'une alternative. Néanmoins, en général, la proportion de femmes et d'hommes, de tous âges, qui considèrent qu'il ne s'agit pas vraiment ou définitivement pas d'une alternative est très faible. Cela laisse entendre que dans l'éventualité où des produits d'insectes seraient mis en marché, une grande partie des répondants considéreraient en consommer à la place de la viande.

Tous ces résultats permettent de comprendre un peu mieux les motivations et les perceptions des individus quant à la pratique de l'entomophagie. Or, les réponses obtenues et leur analyse permettent de croire que la population démontre une relativement grande ouverture à la pratique.

Limites de l'analyse

Quelques limites sont à prendre en considération par rapport au sondage. D'abord, comme déjà dit, une très grande majorité de répondants possède un diplôme universitaire. Cela fait en sorte que les résultats ne représentent probablement pas l'ensemble de la population. De plus, des analyses plus poussées auraient pu être conduites, mais les analyses préliminaires n'empêchent pas de dresser un premier portrait de la réceptivité des Québécois à l'entomophagie, ce qui était un des objectifs de cet essai. Enfin, il reste que les réponses données à un sondage peuvent différer de la réalité. Même si les gens disent être prêt à manger des insectes, ça ne veut pas dire qu'ils vont le faire.

Résumé d'analyse d'une autre étude

L'étude de Séré de Lanauze auprès de 60 répondants permet d'obtenir une vue différente de la situation. En effet, sa méthodologie est différente du fait que sa collecte de données s'est faite avec des entretiens semi-directifs de 20 à 60 minutes plutôt que par un sondage. L'objectif de son étude est d'identifier les mécanismes motivationnels en jeu dans le processus de décision à l'égard de la consommation d'insectes. Son étude permet d'identifier plusieurs éléments pertinents dont les attitudes et les motivations des répondants. Il constate des attitudes positives, comme l'intérêt et la curiosité, et des négatives, comme le désintérêt et le dégoût. Pour lui, les motivations à tenter de consommer des insectes se classent selon trois types : les motivations biosphériques (pour l'environnement), les motivations altruistes (luttas contre la faim) et les motivations individuelles (santé, découverte, goûts, etc.). Cela lui a permis d'identifier les principaux freins (intrinsèques et extrinsèques) liés à l'entomophagie. Les freins intrinsèques sont constitués du doute quant au goût, à l'aspect visuel, à la texture et à la présentation du produit ainsi que les référentiels psychologiques des insectes (dégoût, phobie). Ceux extrinsèques font référence au prix, à la disponibilité des produits, à l'encadrement réglementaire et au déficit de connaissances. Beaucoup de ces informations sont semblables à celles que mon sondage a permis d'identifier. Finalement, ses informations lui ont permis d'établir un cadre motivationnel à l'entomophagie (figure 3.13). Cette représentation graphique a été construite « par report empirique des résultats des analyses axiales, et situant les uns par rapport aux autres les principaux thèmes d'évocations en fonction de leur nature émotionnelle versus cognitive, de leur force et valence motivationnelles et de leur interrelation [qui] permet de dessiner le contour des conditions favorisant les intentions d'essai » (Séré de Lanauze, 2015).

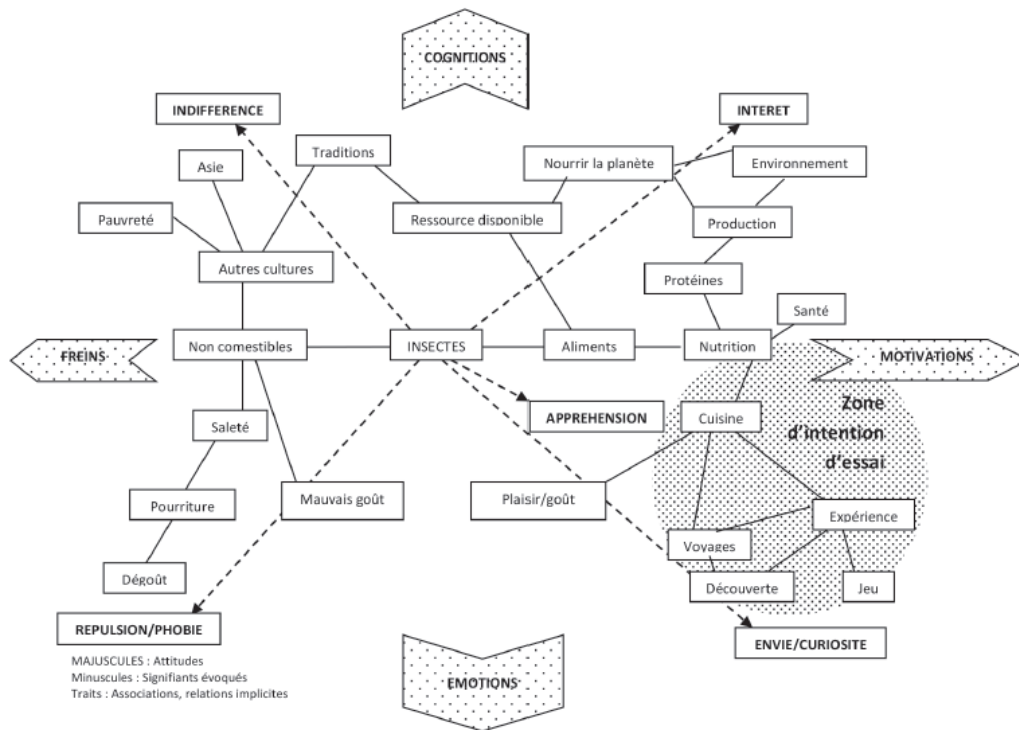


Figure 3.13 Cadre motivationnel de l'entomophagie (tiré de : Séré de Lanauze, 2015)

Selon cette figure, c'est la curiosité, la recherche de nouveauté et de sources de valeur émotionnelle et expérientielle qui constituent le périmètre favorable à l'essai. Dans ses conclusions, l'auteur de la recherche explique que les arguments biosphériques (meilleur pour l'environnement) n'ont qu'une faible influence sur les intentions comportementales. Les habitudes, les freins et les blocages sont encore dominants (Séré de Lanauze, 2015).

3.3 Enjeux nutritionnels

Un autre argument avancé comme étant en faveur de l'entomophagie est la valeur nutritionnelle des insectes. Les études menées à ce sujet ont calculé des teneurs élevées en protéines et c'est pourquoi les insectes sont considérés comme une excellente alternative aux autres protéines animales. Toutefois, tous les insectes n'ont pas les mêmes teneurs et celles-ci changent même en fonction des stades de croissance de l'insecte. Cette section énumère les espèces les plus consommées puis établit les valeurs nutritionnelles des insectes comestibles. Une brève description des dangers liés à la consommation d'insectes est également faite.

3.3.1 Espèces consommées

Jongema (2015) établit que 89 % des 2 039 espèces consommées appartiennent à cinq ordres principaux d'insectes (figure 3.14).

- L'ordre des coléoptères (scarabées) avec 31 % des espèces comestibles.
- L'ordre des lépidoptères (papillons et mites) comptant 18 % des espèces comestibles.
- L'ordre des hyménoptères (fourmis, abeilles et guêpes) qui compte 15 % des espèces comestibles.
- L'ordre des orthoptères (criquets, sauterelles et blattes) avec 14 % des espèces comestibles.
- L'ordre des hémiptères (cigales, cicadelles, cochenilles et punaises) pour 11 % des espèces comestibles.

Les autres ordres importants comptent les termites (isoptères) avec 3 %, les libellules (odonates) avec aussi 3 %, les mouches (diptères) avec 2 % et les cafards (dictyoptères) avec également 2 %. Les araignées (araneae) et les autres arthropodes représentent le dernier 3 %. Les pourcentages étant arrondis à l'unité.

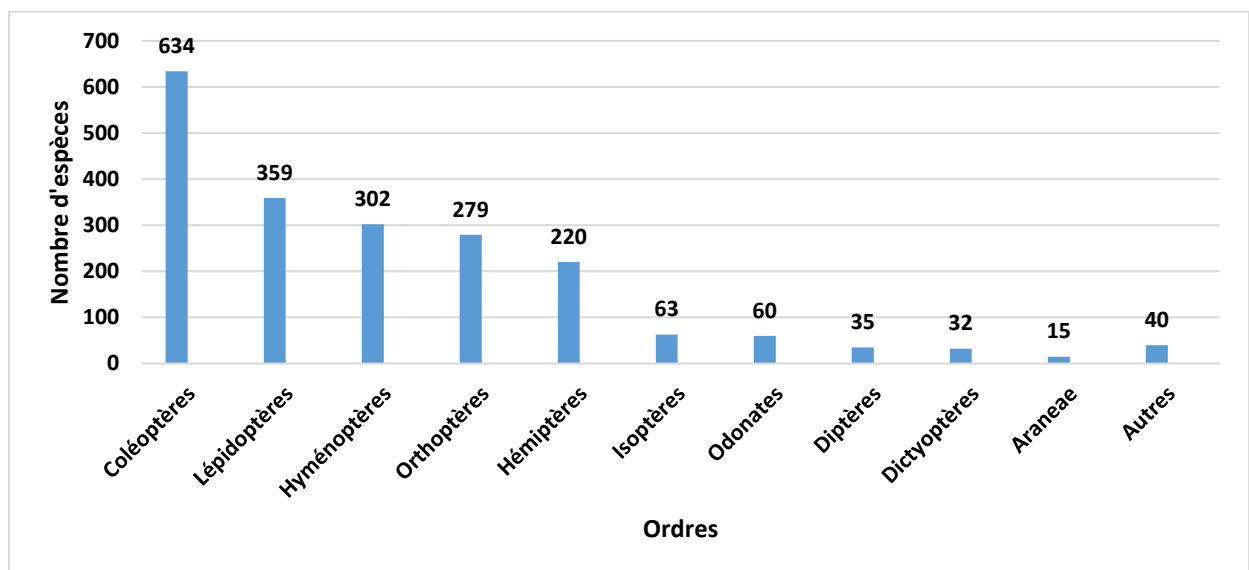


Figure 3.14 Nombre et pourcentage d'espèces, par ordre, consommées dans le monde (adapté de : Jongema, 2015)

L'ordre des coléoptères compte environ 300 000 espèces différentes dont 634 sont comestibles (Fraval et d'Aguilar, 2004; Jongema, 2015). Parmi celles-ci, 78 sont des espèces aquatiques (Ramos Elorduy, Pino et Martinez-Camacho, 2009). Les coléoptères sont des insectes holométaboles, c'est-à-dire avec une métamorphose complète ayant un cycle de développement œuf-larve-nymphé-imago (insecte adulte). On consomme généralement le stade larvaire, mais il semblerait que tous les stades peuvent être consommés. Lors de la consommation de l'imago, il faut enlever la tête, les pattes et les autres parties dures (DeFoliart, 2003). Les coléoptères les plus consommés sont les ténébrions meuniers (*Tenebrio molitor*), les charançons rouges des palmiers (*Rhyncophorus sp*) et les scarabées du cocotier (*Oryctes rhinoceros*) (Lavalette, 2013).

Chez les lépidoptères, qui comptent environ 150 000 espèces dont 359 sont comestibles (OPIE, 2016; Jongema, 2015), c'est le stade larvaire, appelé chenilles, qui est comestible. Dans certains endroits, la forme adulte est également consommée, mais c'est une coutume rare (FAO, 2014). Les chenilles sont consommées partout, mais le continent africain, et plus particulièrement la région de l'Afrique subsaharienne, dépend plus fortement des chenilles. La chenille mopane (*Imbrasia belina*) est « sans aucun doute la chenille la plus appréciée et la plus lucrative du continent africain » (FAO, 2014). C'est plus de 9,5 milliards de chenilles mopenes récoltées dans la nature chaque an au sud de l'Afrique pour une valeur d'environ 85 millions d'euros (Ghazoul, 2006).

Chez les hyménoptères, on dénombre environ 120 000 espèces dont 302 sont comestibles (Jongema, 2015). Comme pour les coléoptères, on consomme majoritairement les larves, mais on peut aussi consommer les adultes, surtout ceux ne possédant pas de dard. Les hyménoptères les plus consommés sont ceux provenant des familles des apidae (les abeilles), des vespidae (les guêpes) et des formicidae (les fourmis) (Lavalette, 2013). Dans plusieurs régions du monde, les fourmis sont des aliments recherchés (Rastogi, 2011; Del Toro, Ribbons et Pelini, 2012). Il existe même des fourmis dites « pot de miel » qui stockent un mélange de nectar et de miellat dans leur abdomen en si grande quantité que celui-ci grossit au point que ces fourmis ne peuvent plus bouger. Elles restent accrochées dans la fourmilière et régurgitent par la bouche ce liquide lorsque d'autres fourmis ouvrières viennent en réclamer si elles ont faim (OPIE, 2016).

On évalue à environ 22 000 le nombre d'espèces d'orthoptères dans le monde dont 279 sont comestibles. De ce nombre, 80 sont des sauterelles, dont la majorité des espèces sont comestibles (FAO, 2014). Les insectes de cet ordre sont hémimétaboles avec une métamorphose incomplète faisant en sorte que le cycle de développement est œuf-nymphé-imago. On consomme uniquement le stade de nymphé et d'imago. Les orthoptères les plus consommés sont les grillons domestiques (*Acheta domesticus*) et les criquets migrants (*Locusta migratoria*) (Lavalette, 2013). La consommation de la sauterelle comestible (*Ruspolia differens*) et de toutes les autres sortes de sauterelles est également répandue. Fait cocasse, au Niger, il a

été démontré que les sauterelles récoltées dans un champ de millet rapportaient plus sur le marché local que le millet lui-même (van Huis, 2003).

L'ordre des hémiptères, qu'on évalue à environ 100 000 espèces, compte 220 espèces comestibles (Jongema, 2015). Pour cet ordre, c'est le stade nymphal et d'adulte qui est consommé. En Afrique et en Australie, les cigales et les psylles (et leur lerp, sécrétion sucrée cristallisée produite pour former une carapace de protection au stade larvaire) sont des aliments très appréciés. Les punaises puantes sont également consommées à travers l'Asie du Sud-Est, l'Afrique austral et le Mexique (DeFoliart, 2003).

Enfin, parmi les autres ordres, les termites (isoptères) sont particulièrement appréciés pour leurs valeurs nutritives (van Huis, 2003; FAO, 2014). Il existe 63 espèces de termites qui sont consommées aux stades de nymphe et d'adulte (Zaremski, Fouquet et Louppe, 2009; Jongema, 2015).

3.3.2 Valeurs nutritionnelles

La valeur nutritionnelle d'un aliment se définit par la quantification de plusieurs éléments. Pour les insectes, les protéines constituent un nutriment important à considérer, étant donné qu'en pays occidental, c'est comme aliment protéiné alternatif à la viande qu'on tente de le promouvoir. La valeur nutritive inclut également : les acides aminés, l'apport énergétique, les matières grasses, les vitamines, les minéraux et les fibres et les glucides. Les insectes sont toutefois souvent décrits comme étant pauvres en glucides (Chen, Feng et Chen, 2009).

La valeur nutritionnelle des insectes comestibles est extrêmement variable en raison de la très grande diversité d'espèces, de la variation de leur valeur énergétique en fonction du stade de développement, de l'habitat (ou ses conditions d'élevage), de l'alimentation et même de sa préparation (p. ex. la friture) (FAO, 2014).

Protéines

Plusieurs recherches font état de la quantité de protéines dans les insectes. Ce qui ressort le plus de ces recherches est qu'il existe une grande variation des teneurs. Rumpold et Schlüter (2013) ont compilé ces données et beaucoup d'autres pour 236 espèces d'insectes de différents ordres (voir annexe 8). Sur l'ensemble des espèces analysées, les valeurs protéiques jouent entre 4,90 % (petite sauterelle migratrice, *Melanoplus mexicanus*) et 77,13 % (fourmis à miel, *Myrmecosistus melliger*) de la matière sèche (Sirimungkararat, Saksiritat, Nopparat et Natongkham, 2010; Phillips et Burkholder, 1995). De leur côté, Xiaoming, Ying, Hong et Zhiyong (2010) ont évalué la teneur de protéines de 100 espèces d'insectes comestibles appartenant à divers ordres. Cette fois, la teneur en protéines varie entre 13 % et 77 % de la matière sèche. Ramos Elorduy et al. (1997) ont, de leur côté, étudié 78 espèces d'insectes mexicains et sont parvenus à une variation de 15 % à 81 % de la matière sèche. Enfin, Bukkens (2005) a comparé la teneur en protéines de 17 chenilles de la même famille (saturniidae) et arrive à un écart entre 52 % et 80 %

de la matière sèche. Le tableau 3.6 exprime bien les grandes variations de valeurs autant entre les ordres qu'à l'intérieur d'un même ordre.

Tableau 3.6 Teneurs en protéines brutes des insectes (classés par ordres) (inspiré de : FAO, 2014 [1] et Lavalette, 2013 [2])

Ordre des insectes	Stade	Variation de la teneur en protéines (%)	
		[1]	[2]
Coléoptères	Adultes et larves	23 - 66	26 - 42
Lépidoptères	Chrysalides et chenilles	14 - 68	15 - 74
Hémiptères	Adultes et larves	42 - 74	29 - 72
Homoptères	Adultes, larves et œufs	45 - 57	ND
Hyménoptères	Adultes, nymphes, larves et œufs	13 - 77	5 - 53
Odonates	Adultes et larves aquatiques	46 - 65	ND
Orthoptères	Adultes et juvéniles	23 - 65	ND
Isoptères	ND	ND	21 - 64
Diptères	ND	ND	37 - 49

Source : Xiaoming et al. 2010; Lavalette, 2013.

Le type de préparation ou de cuisson affecte aussi la teneur en protéines des insectes comme les chenilles ou les termites. Les chenilles mopanes, dont la teneur protéique varie déjà à l'état cru (entre 48 % et 61 %) (Glew et al., 1999), conservent plus de protéines lorsqu'elles sont séchées plutôt que grillées (57 % contre 48 %) (Bukkens, 1997). Les termites crus affichent une teneur de 20 % de protéines alors que lorsqu'ils sont frits, fumés ou séchés, ils affichent une teneur variant entre 32 % et 38 % (Santos Oliveira, Passos de Carvalho, Bruno de Sousa et Madalena Simao, 1976; Nkouka, 1987). Remarquablement, un termite soldat provenant de République bolivarienne du Venezuela affiche une teneur de 64 % de protéines (FAO, 2014).

Le fait de nourrir les insectes avec différents aliments a également un impact sur les valeurs nutritionnelles. Au Nigéria, il semblerait que les sauterelles qui sont nourries avec du son ont une teneur en protéines presque deux fois plus forte que celles nourries au maïs (FAO, 2014). Au Québec et en Europe, les producteurs d'insectes testent différentes diètes alimentaires sur leurs insectes afin d'en optimiser les teneurs nutritives (S. Plantes, communication personnelle, 2 décembre 2016). Finalement, la teneur en protéines diffère en fonction du stade de développement de l'insecte, les adultes en ayant généralement une plus haute que les stades larvaires (Ademolu, Idowu et Olatunde, 2010). Le tableau 3.7 démontre, pour le criquet puant (*Zonocerus variegatus*) cru, que les teneurs varient selon les différents stades.

Tableau 3.7 Variations de la teneur en protéines des différents stades du criquet puant tout au long de ses métamorphoses successives, État d'Ogun, Nigéria (tiré de : FAO, 2014)

Stades du cycle de l'insecte	Premier	Deuxième	Troisième	Quatrième	Cinquième	Sixième	Adulte
Grammes de protéines pour 100g de poids frais	18,3	14,4	16,8	15,5	14,6	16,1	21,4

Source : Ademolu et al., 2010.

Pour un producteur d'insectes, il est intéressant d'avoir cette information pour ses espèces d'insectes, car cela permet un meilleur contrôle de son élevage. Cela peut également lui permettre de s'adapter aux situations imprévues quant à la gestation des insectes.

Acides aminés

Il est bon d'avoir une bonne teneur en protéines, mais il est nécessaire de tenir en compte la qualité de ces protéines. La qualité d'une protéine est dictée par les acides aminés qui la composent (essentiels ou non essentiels) et leur digestibilité. Le corps humain a un besoin indispensable des 8 acides aminés essentiels (phénylalanine, valine, thréonine, tryptophane, isoleucine, méthionine, leucine et lysine), car il ne peut pas les synthétiser lui-même et doit donc les trouver dans les aliments qu'il ingère (FAO, 2014).

Dans leur étude sur 78 espèces d'insectes comestibles, Ramos Elorduy et al. (1997) ont conclu que la composition d'un insecte en acides aminés essentiels varie de 46 % à 96 % avec une digestibilité entre 77 % et 98 %. Comme pour les protéines, on observe de grands écarts entre les différentes espèces. Rumpold et Schlüter (2013) sont parvenus à cette conclusion dans leur analyse. La figure 3.15 démontre leurs résultats pour 11 acides aminés, dont les 8 essentiels, pour 75 espèces de 7 différents ordres.

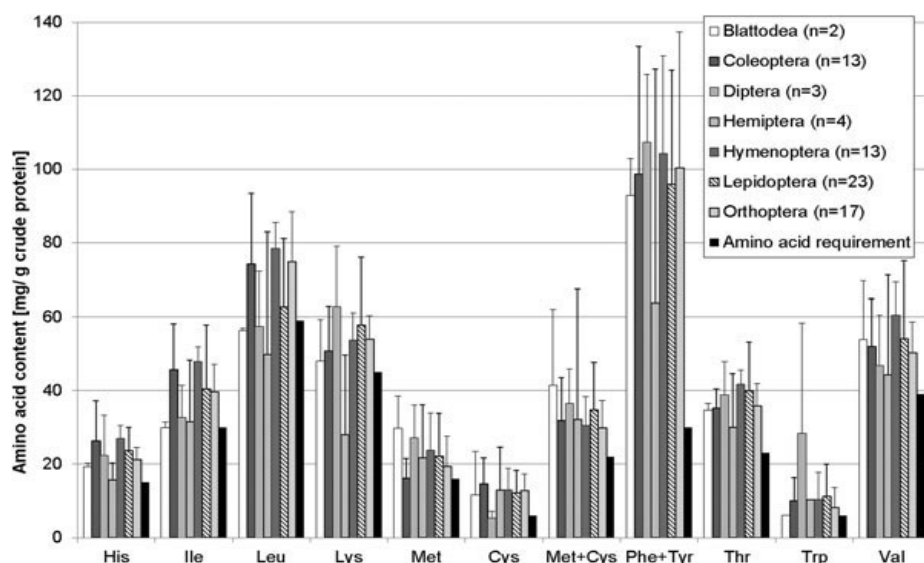


Figure 3.15 Teneur en acides aminés par ordre d'insectes comparée aux besoins humains (tiré de : Rumpold et Schlüter, 2013)

On remarque qu'à quelques petites exceptions près, les valeurs obtenues par les insectes dépassent généralement les besoins humains (les barres noires). On peut en conclure que les insectes possèdent une teneur en acides aminés suffisante.

Apports énergétiques

En termes d'apport énergétique, les insectes démontrent encore une fois une grande variabilité dans leurs valeurs. Ramos Elorduy et al. (1997) ont déterminé que chez les 78 espèces étudiées, les apports énergétiques variaient de 293 kilocalories (kcal) à 762 kcal par 100 grammes de matières sèches. Rumpold et Schlüter (2013), de leur côté ont observé des apports entre 217 kcal et 776 kcal par 100 grammes de matières sèches alors que pour Lavalette (2013) c'est entre 117 kcal et 762 kcal. La FAO (2014) montre bien la variabilité des valeurs selon l'espèce d'insecte et sa préparation dans le tableau 3.8 suivant.

Tableau 3.8 Exemples des valeurs énergétiques d'espèces d'insectes préparées de différentes façons, par région (tiré de : FAO, 2014)

Localisation	Nom commun et préparation	Nom scientifique	Valeur énergétique (kcal/100g poids frais)
Australie	Criquet australien, cru	<i>Chortoicetes terminifera</i>	499
Australie	Fourmi tisserande verte, crue	<i>Oecophylla smaragdina</i>	1 272
Canada, Québec	Mélanople à pattes rouges, entière, crue	<i>Melanoplus femurrubrum</i>	160
États-Unis, Illinois	Ver jaune de farine, larve du ténébrion meunier, cru	<i>Tenebrio molitor</i>	206
États-Unis, Illinois	Ténébrion meunier, adulte cru	<i>Tenebrio molitor</i>	138
Côte d'Ivoire	Termite, adulte, désaillé, séché, farine	<i>Macrotermes subhyalinus</i>	535
Mexique, État de Veracruz	Fourmi coupeuse de feuilles, adulte crue	<i>Atta mexicana</i>	404
Mexique, État de Hidalgo	Fourmi-pot-de-miel, adulte crue	<i>Myrmecocystus melliger</i>	116
Thaïlande	Grillon provençal, cru	<i>Gryllus bimaculatus</i>	120
Thaïlande	Nèpe géante (scorpion d'eau), crue	<i>Lethocerus indicus</i>	165
Thaïlande	Criquet d'Indonésie, cru	<i>Oxya japonica</i>	149
Thaïlande	Criquet brun tacheté, cru	<i>Cyrtacanthacris tatarica</i>	89
Thaïlande	Ver à soie domestique, chrysalide crue	<i>Bombyx mori</i>	94
Pays-Bas	Criquet migrateur, adulte cru	<i>Locusta migratoria</i>	179

Les valeurs énergétiques étant exprimées ici en fonction du poids frais, la teneur énergétique est nécessairement moindre que dans les données précédentes où elle était exprimée en poids sec. Les espèces ayant les valeurs énergétiques les plus élevées sont le criquet australien (*Chortoicetes terminifera*), la fourmi tisserande verte (*Oecophylla smaragdina*), le termite (*Macrotermes subhyalinus*) et la fourmi coupeuse de feuille (*Atta mexicana*). Il est utile de comparer les valeurs énergétiques et protéiques de certains insectes avec celles de différentes viandes (tableau 3.9).

Tableau 3.9 Comparaison entre les valeurs protéiques et énergétiques des insectes avec d'autres aliments (tiré de : Lavalette, 2013)

Animaux	Protéines (g / 100g matières fraîches)	Énergie (kcal)
Bœuf	19	150
Agneau	17	206
Veau	18	126
Porc	13	416
Poulet	21	110
Poisson	19	100
Œuf cru	13	145
Sauterelle (adulte)	17	124
Criquet (adulte)	15	125
Œuf de fourmi rouge	7	83
Termite (adulte)	14	613
Chenille	28	370
Charançon (larve)	7	562

Source : Sirimungkararat et al., 2010 et Srivastava, Babu et Pandey, 2009.

On observe que les insectes peuvent offrir des valeurs protéiques et énergétiques parfois meilleures que les viandes, même si les valeurs varient beaucoup avec les espèces. Cela peut impliquer que certaines espèces méritent une plus grande attention que d'autres dans notre intégration des insectes dans l'alimentation.

Matières grasses

La matière grasse est un macronutriment ayant une forte valeur énergétique et qui est composée de 3 types d'éléments : les acides gras saturés, les acides gras insaturés et les acides gras essentiels. L'homme ne pouvant synthétiser l'acide linoléique (oméga-6) et l'acide α -linolénique (oméga-3), on les considère comme des acides gras essentiels à intégrer dans notre alimentation (FAO, 2008).

La matière grasse représente la deuxième plus grande proportion de la composition nutritionnelle des insectes après les protéines (Rumpold et Schlüter, 2013). La teneur moyenne en matières grasses des différents ordres d'insectes varie entre 13,41 % (orthoptères) et 33,40 % (coléoptères). Parmi eux, on retrouve les isoptères (32,74 %), les hémiptères (30,26 %), les blattoptères (29,90 %) et les lépidoptères (27,66 %) (Rumpold et Schlüter, 2013). L'espèce d'insecte avec la plus haute teneur en gras est la larve de *Phasus triangularis* (lépidoptère) avec 77,13 %, suivi de la larve du *Rhynchophorus phoenicis* (coléoptère) avec 69,78 % (Rumpold et Schlüter, 2013).

La constitution en acide gras des insectes est également variable. Le tableau 3.10 expose les teneurs moyennes de chacun des acides gras par ordre d'insecte.

Tableau 3.10 Teneurs moyennes en acides gras par ordre d'insectes (adapté de : Rumpold et Schlüter, 2013)

Ordre d'insecte	Acide gras saturés (AGS) (%)	Acide gras monoinsaturés (AGMI) (%)	Acide gras polyinsaturés (AGPI) (%)
Coléoptères	38,49	35,72	27,14
Diptères	33,02	47,23	15,95
Hémiptères	43,89	32,39	22,89
Hyménoptères	29,88	48,76	21,18
Isoptères	41,97	22,00	36,04
Lépidoptères	37,04	22,36	39,76
Orthoptères	32,05	29,37	37,08
Dictyoptères	41,22	49,58	1,06

Les acides gras polyinsaturés regroupent aussi les deux acides gras essentiels, sans toutefois discerner leur valeur. Le tableau permet de constater que la répartition des acides gras est relativement équilibrée, sauf en ce qui a trait aux dictyoptères (dont un seul insecte a été analysé). On observe finalement que les insectes sont généralement riches en acides gras polyinsaturés (FAO, 2014). Comparés à la volaille, au poisson, au porc et au bœuf, les insectes seraient plus riches en acides gras polyinsaturés alors que le bœuf et le porc contiennent beaucoup plus d'acides gras monoinsaturés (AGMI) (DeFoliart, 1991).

Vitamines

Les vitamines sont des micronutriments essentiels pour stimuler les processus métaboliques et renforcer les fonctions du système immunitaire (FAO, 2014). Plusieurs vitamines sont présentes dans les insectes comestibles, bien que peu d'études en fassent état. Rumpold et Schlüter (2013) rapportent des valeurs variables en vitamines A, E, C, B2, B3, B5, B7 et B9. La consommation de 100 grammes de matière sèche d'insecte répondrait aux besoins journaliers en vitamine B2, B5 et B8. Certaines espèces, notamment les orthoptères et les coléoptères, sont également assez riches en vitamine B9. Cependant, les insectes sont plutôt pauvres en vitamine A, C, E, B3 et B7 (Rumpold et Schlüter, 2013). Plusieurs insectes ont une teneur très intéressante en vitamine B1 et le ténébrion meunier et le grillon domestique auraient des teneurs particulièrement élevées en vitamine B12 (Bukkens, 2005).

Minéraux

Les minéraux, ou sels minéraux, contribuent à différentes fonctions vitales du corps et à son métabolisme. Ils sont couramment divisés en deux groupes : les éléments principaux (ou macro-éléments) et les éléments traces (ou oligo-éléments). On retrouve, entre autres dans le premier groupe le calcium (Ca), le phosphore

(P), le potassium (K), le chlore (Cl), le sodium (Na) et le magnésium (Mg). Dans le second groupe, on retrouve le fer (Fe), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn), l'iode (I) et le molybdène (Mo).

Les insectes sont constitués de plusieurs minéraux dont les concentrations varient en fonction des espèces et de leur alimentation. Ils sont généralement une bonne source de cuivre, de fer, de magnésium, manganèse, phosphore, sélénium et zinc, mais pauvres en calcium, en potassium et en sodium (Rumpold et Schlüter, 2013). Les valeurs élevées pour le fer et le zinc en feraient des aliments de choix dans les pays en voie de développement où des carences ont été observées (FAO, 2014). Les insectes auraient des valeurs en fer plus élevées que le poulet, le porc et le bœuf (Sirimungkararat et al., 2010). Le tableau 3.11 illustre les teneurs en minéraux pour la chenille mopane (*Imbrasia belina*).

Tableau 3.11 Doses journalières recommandées de minéraux essentiels comparées aux teneurs constatées dans la chenille mopane (tiré de : FAO, 2014)

Éléments minéraux	Apports recommandés pour un homme âgé de 25 ans (mg/jour)	Chenilles mopane (mg/100 g de poids sec)
Potassium	4 700	1 032
Chlore	2 300	-
Sodium	1 500	1 024
Calcium	1 000	174
Phosphore	700	543
Magnésium	400	160
Zinc	11	14
Fer	8	31
Manganèse	2,3	3,95
Cuivre	0,9	0,91
Iode	0,15	-
Sélénium	0,055	-
Molybdène	0,045	-

Source : Bukkens, 2005.

Fibres

Les insectes sont constitués de quantités significatives de fibre, principalement de la chitine qui se retrouve dans l'exosquelette de l'insecte (FAO, 2014). Plusieurs recherches semblent faire état de la quantité de chitine présente dans les insectes, mais les méthodes de calcul sont si différentes que les données sont peu comparables. Toutefois, Finke (2007) a mesuré la teneur en chitine d'espèces d'insectes élevées pour la consommation animale et « a trouvé des valeurs comprises entre 2,7 mg et 49,8 mg par kg (poids frais) et de 11,6 mg à 137,2 mg par kg (matière sèche) » (FAO, 2014; Finke, 2007). La chitine pourrait jouer un rôle dans la lutte contre les infections parasitaires et certaines allergies (FAO, 2014). De plus, la chitine « a démontré sa capacité potentielle à renforcer le fonctionnement du système immunitaire » (FAO, 2014). Cependant, la chitine est difficilement digestible et nécessite la présence de chitinase dans les sucs

gastriques humains, ce qui n'est pas le cas pour environ 20% de la population occidentale (Paoletti, Norberto, Damini et Musumeci 2007). Il faut donc rester prudent lors de la consommation d'insectes et dans le doute, retirer l'exosquelette de l'insecte (Lavalette, 2013).

3.3.3 Limites de l'analyse

Comme indiqué précédemment, les valeurs nutritionnelles des insectes comestibles sont sujettes d'une façon générale à d'importantes variations. « Des facteurs externes comme le climat, la nourriture, l'habitat, la préparation (par exemple insectes grillés ou bouillis) ou encore la méthode d'analyse (Bukkens 1997; Chen et al., 2009; Verkerk, Tramper, van Trijp et Martens, 2007) sont à prendre en compte » (ANSES, 2015). Bien que plus de recherches font état de la composition nutritionnelle des insectes, un approfondissement des analyses devrait être fait afin d'optimiser les valeurs des insectes pour leur déploiement sur le marché. Ainsi, l'analyse de différents régimes alimentaires en fonction des espèces et du stade de développement de chaque insecte et des techniques d'élevage pourrait améliorer ces valeurs.

3.3.4 Dangers liés à la consommation

Plusieurs dangers sont associés à la consommation d'insectes. L'ANSES (2015) fait état de quatre grandes catégories de dangers : chimiques, physiques, allergène et microbiologiques.

Dangers chimiques

Les dangers chimiques résultent majoritairement des substances chimiques produites par l'insecte même ou accumulées par lui via son environnement ou son alimentation. Ainsi, certains insectes ne sont comestibles qu'à certains stades de développement, comme uniquement à l'état de larve ou uniquement à l'âge adulte. Certains insectes sont dotés de systèmes de défense ou de répulsion constitués d'éléments chimiques. C'est le cas par exemple des fourmis qui sécrètent de l'acide formique (Eisner, 1970). On distingue deux types d'insectes avec des dispositifs toxiques, les insectes qui présentent des dispositifs venimeux externes comme des dards, des pinces ou des poils urticants et les insectes qui sont capables de stocker et/ou synthétiser des éléments chimiques toxiques qui n'apparaissent que si l'insecte est consommé (ANSES, 2015). De surcroît, certaines recherches se sont penchées sur la capacité des insectes de bioaccumuler des éléments toxiques comme des pesticides, des métaux lourds ou des résidus médicamenteux. Saeed, Abu Dagga et Saraf (1993) ont démontré que les criquets bioaccumulent efficacement certains insecticides alors que Vijver, Jager, Posthuma et Peijnenburg (2003) ont trouvé des éléments-trace de cadmium (un métal lourd) dans des ténébrions meuniers. Enfin, certaines espèces d'insectes peuvent présenter des substances anti-nutritionnelles comme de l'acide phytique, des oxalates, de l'acide cyanhydrique, des tanins ou de la thiaminase (ANSES, 2015). Ces substances peuvent provoquer des désordres physiques, des maladies ou des déficiences en certains éléments nutritionnels.

Dangers physiques

Comme les insectes sont couramment consommés entiers, il peut devenir dangereux de consommer certaines parties plus dures ou pointues. Cependant, les insectes comestibles ne sont pas considérés comme un vecteur de danger physique. Il demeure tout de même important de rester attentif à la façon de les manger. Plusieurs cas d'accidents liés aux poils urticants des araignées qui se sont coincés dans la gorge ont été rapportés (Sorkin, 2016).

Danger allergène

Le danger allergène est également présent en raison de l'existence d'allergènes communs (panallergènes) entre les arthropodes. Ainsi, les insectes présenteraient les mêmes allergènes que les crustacés et les arachnides (araignées, scorpions et acariens) et seraient très proches de ceux des mollusques, pouvant ainsi donner lieu à des réactions ou à des allergies croisées (Barre et al., 2014). Les humains peuvent réagir à certaines substances présentes dans les insectes et d'autres non. Toutefois certaines études ont démontré le développement de réactions allergiques et d'allergies croisées. Verhoeckx et al. (2013) ont prouvé l'existence d'une réactivité croisée entre les acariens et le ténébrion meunier. Les éleveurs de ténébrions meuniers peuvent ainsi développer une allergie aux acariens qui sont souvent présents dans la poussière domestique. Le danger allergène est connu, mais le manque de connaissance fait qu'il est encore mal caractérisé.

Dangers microbiologiques

Les dangers microbiologiques liés à l'entomophagie sont peu nombreux si les élevages sont réalisés dans des conditions salubres. D'ailleurs, les mêmes conditions de salubrité et d'analyse bactériologiques imposées aux autres aliments devraient s'imposer aux insectes (Lähteenmäki-Uutela et al., 2017). Certains dangers parasitaires ont été trouvés, mais très peu alors qu'aucune recherche sur les dangers viraux n'a été menée. Les dangers bactériens semblent également à écarter, car les bactéries pathogènes d'insectes (entomopathogènes) sont considérées comme inoffensives pour les animaux et l'homme du fait de l'éloignement phylogénétique entre eux (van Huis, 2013). La FAO fait mention que les risques de zoonoses, transmissions de maladies entre les animaux et les humains, sont très faibles pour les insectes et que cela constitue un avantage par rapport aux animaux d'élevage. Dans les dernières années, à cause de la hausse de la production des animaux d'élevage et des changements climatiques, il semblerait qu'on assiste à un accroissement de zoonoses (syndrome respiratoire aigu sévère [SRAS], virus de la grippe A [H5N1 et H7N7], la grippe aviaire [H1N1], la vache folle (encéphalopathie spongiforme bovine [ESB]), etc.) (FAO, 2014).

3.4 Enjeux économiques

Chaque nouvelle industrie est confrontée à une réalité qui lui est particulière, même au sein d'un même secteur d'activité. Les parties prenantes touchant cette industrie et qui sont mises de l'avant dans cette section sont les consommateurs, les détaillants et les financiers. Pour l'industrie des insectes dédiés à la consommation humaine, il est nécessaire d'aborder le potentiel de marché des produits ainsi que du financement pour les entreprises voulant produire et commercialiser ces produits. Les différentes stratégies de communication et de marketing seront également vues suivies d'une analyse du prix actuel et de la disponibilité des produits.

3.4.1 Potentiel de marché

Les produits à base d'insectes développés à partir de productions d'insectes sont destinés à la vente de différentes manières dépendamment du type de produits. Les produits qui sont peu ou pas transformés, comme les insectes grillés ou rôtis ou les poudres d'insectes, peuvent être vendus par les producteurs ou les transformateurs directement aux consommateurs. Pour les produits transformés à base d'insectes, les transformateurs achètent les insectes aux producteurs en gros volumes puis les incorporent dans leurs produits comme pour les autres ingrédients de leur recette. Ce genre de vente s'appelle du *business to business* (ou B2B). Cette manière de faire permet au producteur de ne pas avoir à créer d'emballage, car les insectes seront transformés avant d'être vendus. C'est plutôt aux transformateurs de décider du type d'emballage adéquat dépendamment du produit. Au Québec, Uka Inc. et Naäk opèrent de cette manière en achetant des insectes et les incorporant dans leurs recettes de barres protéinées. Ces entreprises sous-traitent la fabrication des barres à des entreprises spécialisées en alimentaire (*co-packaging*) (Marie-Loup Tremblay, communication personnelle, 3 décembre 2016)

La commercialisation des produits peu ou pas transformés et des produits transformés se fait généralement de deux façons. La première, qui est le canal qui a été le plus observé dans les recherches, consiste à vendre les produits directement d'Internet à partir d'un site web. Les consommateurs passent une commande des produits qui les intéressent sur le site puis les reçoivent par courrier. Cette façon de procéder permet d'éviter d'avoir à faire affaire avec d'autres intermédiaires qui engendrent des coûts plus élevés. L'autre méthode, qui est plus difficile et demande plus d'intermédiaires, est de vendre les produits à des détaillants qui vont ensuite les revendre aux consommateurs qui visitent leur commerce. Il existe également d'autres méthodes de vente comme la vente en consignment ou la location d'espaces de vente sur les planchers des magasins.

Au Québec, l'industrie bioalimentaire se répartit en trois grands secteurs : l'agriculture, l'aquaculture et les pêches (secteur primaire), duquel fait partie la production d'insectes, la transformation des aliments (secteur secondaire), duquel fait partie la transformation des insectes, et la distribution (secteur tertiaire). Le commerce de détail et le commerce de gros font partie du secteur tertiaire avec la restauration. En 2014, la

vente de produits alimentaires était estimée à 25 milliards de dollars et se faisait à 80 % dans les magasins d'alimentation traditionnels (MAPAQ, 2015a). Étant moins affecté par les aléas économiques, le marché de la vente d'aliments est parvenu à maturité depuis un bon nombre d'années. En effet, la croissance du secteur est faible, à l'image de l'augmentation de la population, mais constante et durable (Petit, Morrissette et Bourhis, 2014). Selon ces mêmes auteurs, la légère croissance du secteur est sans doute due en raison des nouvelles demandes et exigences des consommateurs qui offrent plusieurs occasions pour le développement de produits à valeur ajoutée et pour de nouveaux marchés (Petit, Morrissette et Bourhis, 2014). Les habitudes de consommation des Québécois suivent également une tendance vers les aliments biologiques, naturels ou les produits fins. De plus, la demande pour des produits « ethniques » augmente, non seulement à cause de l'augmentation des communautés culturelles, mais également pour le goût de la nouveauté et de l'exotisme (MAPAQ, 2009). Une étude menée en février 2016 en partenariat entre Havas Worldwide et Market Probe auprès de 11 976 hommes et femmes dans 37 pays, dont 500 au Canada, a révélé les tendances futures de l'alimentation. Les trois premières tendances sont :

- 1- *« Me, My Body, and the Planet: There's growing awareness that the foods we choose to eat impact not only our individual health but also that of the planet.*
- 2- *Local Is the New Organic: While organic foods continue to be seen as the healthier option, today's more mindful consumers are paying at least as much attention to where their foods are grown.*
- 3- *Raw Pleasure: For the new consumer, eating nature-made foods is more than a pathway to health; it confers pleasure and even a sense of status »* (Havas Worldwide, 2016).

Il est démontré que les choix de protéines changent depuis quelques années, la tendance canadienne mène vers une augmentation de la consommation de volaille, de viande d'agneau, d'œufs et de noix en même temps qu'une diminution de la consommation de viande de bœuf et de porc et d'abats (MAPAQ, 2015a). En 2012, c'est 13,8 % du budget annuel des ménages canadiens qui était dédié à l'alimentation. Cela représentait une valeur de 7 739 \$, dont 5 572 \$ pour l'achat d'aliments en magasin (Statistique Canada, 2014). On peut ainsi évaluer le budget mensuel à environ 465 \$. Enfin, en 2013, de toutes les catégories d'aliments achetés, la viande représentait 13,9 % de l'ensemble (MAPAQ, 2015a). Ce sont donc environ 65 \$ qui sont dépensés mensuellement pour la viande.

Il n'est pas évident d'évaluer le potentiel de marché d'un produit qui peut aussi être utilisé comme ingrédient dans la fabrication d'autres produits. En effet, les insectes peuvent être vendus entiers, mais également transformés. On peut en faire des farines, qui à leur tour peuvent être intégrées dans d'autres aliments comme les pâtes alimentaires, des barres protéinées, des pâtisseries, etc. La teneur en protéines en fait un aliment intéressant, pour autant qu'on franchisse les barrières culturelles. En effet, comme vu précédemment, la consommation d'insectes est une pratique qui n'est pas intégrée dans notre culture. Les insectes et produits dérivés des insectes deviennent donc des produits exotiques dans l'esprit des consommateurs et peuvent donc profiter de la tendance des consommateurs à vouloir expérimenter de nouveaux produits. Toutefois, avant d'atteindre la masse des consommateurs, les produits doivent faire leur

apparition pour être testés par des consommateurs avant-gardistes. Marie-Loup Trembay, d'Uka inc., première à s'être lancée dans la transformation et la vente de barres protéinées à base d'insectes au Québec, s'attendait à ce que ce soient les gens ayant une conscience environnementale plus élevée qui soient plus enclins à essayer les produits d'insectes. Toutefois, il s'est avéré que ce sont premièrement les sportifs qui se sont intéressés à ses barres. Ce sont des consommateurs avides de produits nouveaux, mais qui ne restent pas fidèles (M.-L. Tremblay, communication personnelle, 3 décembre 2016). Également selon elle, le marché des insectes subira une courbe de croissance exponentielle sur 10 ans. Cette croissance se traduira par une augmentation de l'offre et de la demande des produits à base d'insectes. Aux États-Unis, en se fiant à la figure 3.16, l'industrie se développe tranquillement et le nombre d'entreprises en lien avec les insectes augmente. On observe une augmentation beaucoup plus importante du nombre d'entreprises transformant les insectes que de producteurs d'insectes, ce qui laisse croire que ces derniers n'ont pas de problème à vendre leur production. Dans les deux cas, la tendance est à la hausse.

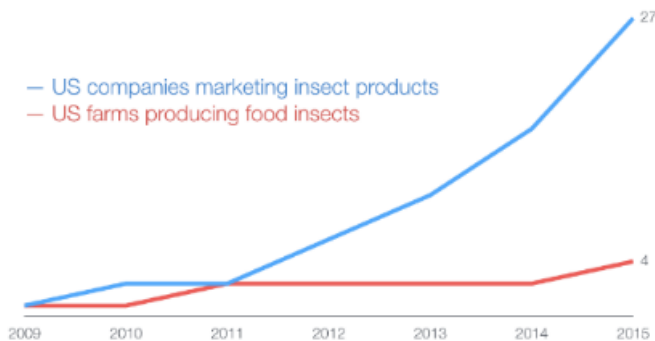


Figure 3.16 Croissance de l'industrie des insectes aux États-Unis (nombre d'entreprises) (tiré de : Tiny Farms, s.d.)

Selon les résultats de notre sondage, près de 80 % des répondants pensent que l'entomophagie est une pratique qui prendra de l'expansion en Amérique du Nord. Mais de quelle façon? Selon les répondants, la forme sous laquelle les insectes sont présentés a un impact sur leur décision de consommation. Ainsi, près de 78 % des répondants ont sélectionné qu'ils accepteraient plus volontiers de consommer des insectes sous forme de farine ou de poudre. Les autres formes les plus acceptées sont broyées en morceaux et entiers. De plus, environ 80 % des répondants ont répondu que c'est à titre d'ingrédient invisible dans une recette qu'ils préféreraient cuisiner les insectes ou, en deuxième lieu, grillés ou sautés.

Bien que les produits à base d'insectes soient loin d'envahir les épiceries, il reste tout de même que les gens semblent ouverts à les intégrer dans leur alimentation. En effet, près de 70 % des répondants ont affirmé que les insectes représentent potentiellement ou définitivement une source de protéines intéressante pour remplacer leur consommation de viande. Il semble également que le marché québécois soit plus ouvert à certaines espèces d'insectes si ceux-ci sont visibles. En effet, sur sept types d'insectes, ce sont ceux ressemblant à des sauterelles et à des fourmis qui ont le plus de chances d'être sélectionnés. Toutefois, dans le cas où les insectes sont réduits en farine ou en poudre, tous les types d'insectes seraient

potentiellement acceptables. Enfin, les insectes élevés localement sont majoritairement préférés (56 %), mais un mélange d'insectes élevés localement et d'insectes importés peut également être satisfaisant (38 %). Dans tous les cas, 72 % ont déclaré qu'il y aurait plus de chances qu'ils mangent des insectes si c'étaient des insectes locaux élevés dans des conditions contrôlées.

3.4.2 Financement

Le financement peut constituer la bête noire de plusieurs entrepreneurs. Les possibilités de financement sont variées, mais ne répondent pas toujours aux attentes des entrepreneurs. De plus, beaucoup d'investisseurs ont des critères de sélection et d'évaluation des risques très pointus sans quoi ils n'acceptent pas de financer. Or, au Québec, l'industrie des insectes semble être un type de projet qui est trop risqué pour les financiers traditionnels (S. Plante, communication personnelle, 2 décembre 2016; E. Normandin, communication personnelle, 29 octobre 2016; Larvatria, 2015). Comme les types de financement varient selon l'ampleur du montant, il faut que les entrepreneurs soient bien préparés et suffisamment réalistes. À titre d'exemple, l'investissement initial d'Entomo Farms pour transformer un seul de leurs cinq poulaillers de 20 000 pieds carrés en production d'insectes s'est élevé à 80 000\$ (Goldin, 2016). Ainsi, dépendamment du montant désiré, les options de financement les plus couramment utilisées sont les suivantes :

Le sociofinancement

Le sociofinancement fait appel à la masse pour obtenir du financement pour la réalisation d'un projet. C'est une bonne méthode pour essayer de financer des projets originaux et innovateurs qui ne réussissent pas à obtenir l'appui d'un financement traditionnel, comme les projets de production d'insectes. C'est une méthode de plus en plus utilisée pour lancer de très petites et de petites entreprises (Haricot, s.d.) Plusieurs producteurs d'insectes ont bénéficié du sociofinancement dont Micronutris (500 000€) et Entomo Farm (WiSEED, 2015; Métronews, 2015).

Subventions et financement du gouvernement

Il existe de nombreux programmes gouvernementaux de financement ou d'aide financière pour encourager des projets innovateurs. Ces programmes visent à soutenir la croissance économique et ciblent généralement certaines catégories de projets. Ce sont généralement les centres locaux de développement (CLD) qui se chargent de le faire. Bien que les CLD puissent appuyer les projets de production d'insectes, c'est souvent en partenariat avec d'autres financiers. Par exemple, une aide correspondant à 50 % du montant demandé peut être allouée si l'autre 50 % est trouvé ailleurs (S. Plante, communication personnelle, 2016). Les projets de recherche sont également soutenus par des programmes de financement du gouvernement. Par exemple, au Canada, le cadre stratégique *Cultivons l'avenir 2* qui vise à supporter la croissance du secteur agricole propose un programme, Agri-innovation, visant spécifiquement la recherche et développement, mais qui peut aussi aller jusqu'à l'étape de la commercialisation (AAC, 2016b). En Europe, l'entreprise Ynsect a bénéficié de bourses de recherche pour le développement de son organisation (Ynsect, 2016b).

Financement par les proches

Le financement par les proches (ou *love money* en anglais) est, comme son nom l'indique, une méthode de financement par les gens de son entourage. L'instigateur d'un projet fait appel à sa famille, ses amis, ses collègues, ses relations, etc. pour obtenir des fonds. Ce type de financement est avantageux pour le démarrage et le lancement de petites entreprises, mais ne peut généralement pas soutenir des projets ambitieux. Toutefois, au hasard des rencontres, il est également possible de tomber sur une personne ayant des ressources financières importantes et qui soit prête à investir dans un projet. C'est ce qu'on appelle des « anges financiers ».

Le financement traditionnel

Même s'il ne faut pas compter sur les financiers traditionnels pour démarrer une production d'insectes, il s'agit tout de même d'acteurs importants pour le financement pour les entreprises stables et en affaires depuis un certain temps (M.-L. Tremblay, communication personnelle, 3 décembre 2016). Ceux-ci proposent différentes façons de financer les projets, comme des emprunts ou des marges de crédit. Ce type de financement nécessite généralement des garanties ou des rendements et peut être contraignant.

3.4.3 Communication et marketing

La communication et la stratégie marketing sont des éléments d'une importance majeure pour le lancement de nouveaux produits. Il ne suffit pas d'avoir un produit innovateur, exotique et appétissant, car si personne ne le connaît, personne ne va l'acheter. De plus, dans le cas des insectes, il faut dépasser la barrière culturelle et les attitudes négatives des consommateurs.

Présentement, on ne retrouve que peu ou pas de publicité vantant des produits à base d'insectes. Ce n'est que lorsqu'on effectue des recherches sur ces produits qu'on trouve de l'information. Or, cette information est majoritairement diffusée sur trois types de support. Le premier support utilisé pour vanter et vendre des produits d'insectes est le site web de l'entreprise même. Il existe souvent un onglet où l'on retrouve des données sur les avantages qu'apportent les insectes. Ces données sont parfois également présentées sur la page d'accueil du site web. Le deuxième support, qui est connexe au site web, est la page Facebook ou tout autre média social utilisé par l'entreprise. Comme les médias sociaux sont des canaux d'informations très accessibles, ils sont de bons endroits pour faire circuler l'information sur les avantages des produits. Finalement, le dernier support, qui n'est toutefois pas sous le contrôle des entreprises, est la presse écrite. Les journaux publient de plus en plus d'articles sur l'entomophagie et les entrepreneurs qui œuvrent dans ce domaine. Cela permet de faire connaître les produits et les avantages qu'ils procurent. Ce sont également eux qui relayent au grand public les résultats de recherches internationales, comme ce fut le cas pour le rapport de la FAO en 2014.

Quant à l'information qu'on retrouve sur les sites des entreprises du domaine, elle semble provenir majoritairement de données issues de recherches non spécifiques à leurs produits. Ainsi, beaucoup citent en référence le rapport de la FAO, même si certains éléments ne s'appliquent pas nécessairement à leurs produits. Il est difficile d'identifier les entreprises qui ont effectué leurs propres recherches et qui peuvent avancer des chiffres représentatifs de leur situation réelle, mais ce sont surtout les producteurs qui le font.

3.4.4 Prix et disponibilité des produits

Le prix et la disponibilité des produits sont deux autres enjeux fort importants pour les produits d'insectes. Actuellement, il s'agit de deux points faibles qui constituent une barrière au développement de l'industrie. En effet, le prix des produits est élevé et on ne retrouve ces produits qu'à très peu d'endroits, souvent uniquement sur Internet (tableau 3.12).

Tableau 3.12 Prix de différents produits d'insectes et type de magasins où ils sont disponibles

Entreprise	Produits	Quantité	Prix	Prix au kilo	Type de magasins
Uka Inc.	Farine de criquet	113g	16,50\$	143,61\$	- Site web - Épiceries - Magasins d'équipements de sport - Magasins d'aliments naturels
	Barres protéinées avec farine d'insectes (10g de protéines / barre)	12x50g	36,00\$	57,84\$	
	Grillons rôtis	56g	10,00\$	176,79\$	
Gourmex Inc.	Sauterelles déshydratées	45g	10,00\$	220,00\$	- Site web - Restaurant
Entomo Farms	Grillons et ténébrions rôtis	6x2g	13,13\$	1 079,80\$	- Site web - Distribution
	Criquets entiers rôtis	113g	16,50\$	143,61\$	
	Farine de criquets	113g	19,25\$	167,07\$	
Chapul	Farine de criquets	454g	52,17\$ (39,00\$ US)	108,92\$	- Site web
	Barres protéinées avec farine d'insectes (11g de protéines / barre)	12x54g	48,16\$ (36,00\$ US)	70,74\$	
Exoprotein	Barres protéinées avec farine d'insectes (10g de protéines / barre)	12x60g	48,16\$ (36,00\$ US)	63,67\$	- Site web
Hotlix	Suçon aux insectes	31g	2,68\$ (2,00\$ US)	86,22\$	- Site web
		36x31g	72,24\$ (54,00\$ US)	60,06\$	
	Bonbons aux insectes	35g	3,34\$ (2,50\$ US)	95,11\$	
		24x35g	64,21\$ (48,00\$ US)	71,53\$	
	Insectes assaisonnés	1,4g	3,01\$ (2,25\$ US)	2 143,53\$	
		24x1,4g	56,19\$ (42,00\$ US)	1 578,35\$	
	Insectes au chocolat	14g	4,01\$ (3,00\$ US)	285,28\$	
		24x14g	80,27\$ (60,00\$ US)	219,72\$	

Tableau 3.13 Prix de différents produits d'insectes et type de magasins où ils sont disponibles (suite)

Entreprise	Produits	Quantité	Prix	Prix au kilo	Type de magasins
Six Foods	Chips avec farine d'insectes	3x140g	20,05\$ (14,99\$ US)	46,78\$	- Site web
Bitty Foods	Biscuit avec farine d'insectes	170g	13,36\$ (9,99\$ US)	168,99\$	- Site web - Magasins d'aliments naturels - Épiceries
	Farine à cuisiner (avec insectes)	567g	26,74\$ (19,99\$ US)	45,90\$	
Micronutris	Insectes assaisonnés	5g	8,20\$ (5,90€)	1 626,55\$	- Site web - Distributeur
	Barres protéinées avec farine d'insectes (8g de protéines / barre)	30g	3,61\$ (2,60€)	119,90\$	
		20x50g	82,02\$ (59,00€)	82,02\$	
	Pâtes alimentaires avec farine d'insectes	200g	14,74\$ (10,60€)	72,61\$	
	Chocolat aux insectes	80g	19,32\$ (13,90€)	236,83\$	
	Insectes assaisonnés	100g	109,82\$ (79,00€)	977,60\$	

Converti au taux du jour le 20 décembre 2016. Taux de change \$US : 1,3378. Taux de change € : 1,3901

Il ressort de ce tableau que le prix des produits d'insectes est effectivement élevé. Au Québec, la farine d'insectes se vend à plus de 100 \$ le kilo alors que les barres protéinées se vendent près de 3 \$ la barre en paquet de douze. Les insectes entiers se vendent également très cher, facilement plus de 150 \$ le kilo. Les prix des produits d'insectes aux États-Unis et en Europe suivent relativement la même tendance, mais sont plus élevés. Certains produits se vendent très cher en petite quantité parce que ce sont des produits de dégustation qu'on ne peut pas comparer. Au niveau des points de vente, il n'y a que peu d'entreprises qui vendent leurs produits dans des magasins grand public. Au Québec, Uka Inc. a réussi à se positionner dans quelques magasins grandes surfaces, certains IGA et La Cordée, mais c'est la seule. Aux États-Unis, Bitty Foods est une de celles qui ont réussi à positionner leurs produits dans plusieurs magasins d'aliments naturels. De tout cela, il ressort fortement que le prix des produits est élevé et qu'on ne les retrouve presque pas dans la majorité des magasins d'alimentation, même ceux spécialisés dans les aliments naturels ou qui se disent plus respectueux de l'environnement. Le tableau 3.13 permet de constater la différence de prix entre les prix des produits d'insectes et ceux des produits similaires qui sont vendus à grande échelle (sources en annexe 9). Il faut comprendre que les produits comparés n'offrent pas exactement les mêmes caractéristiques que les produits d'insectes, mais ils représentent ceux qui s'en rapprochent le plus.

Tableau 3.14 Comparaison du prix entre les produits d'insectes et d'autres produits similaires

Produits	Quantité	Prix	Prix au kilo	Lieu de vente
Farine de criquet	113g	16,50\$	143,61\$	Site web d'Uka Inc.
Farine (tout usage, no name)	2,5kg	3,99\$	1,59\$	Provigo
Farine (blé entier, Five Roses)	2,5kg	5,99\$	2,38\$	Provigo
Farine (blé entier bio, Milanaise)	2kg	6,19\$	3,08\$	Métro
Barres protéinées d'insectes (10g de protéines par barre)	12x50g	36,00\$	57,84\$	Site web d'Uka Inc.
Barre protéinée (Choco-Max) (10g de protéines par barre)	5x32g	3,99\$	24,84\$	Provigo
Barre protéinée (Spécial K) (10g de protéines par barre)	4x45g	3,49\$	19,32\$	Provigo
Barre protéinée (KronoBar) (16g de protéines par barre)	50g	2,69\$	53,66\$	Métro
Barre protéinée (Vector) (11g de protéines par barre)	5x40g	3,49\$	17,39\$	Métro
Insectes entiers assaisonnés	12g	13,13\$	1 079,80\$	Site web d'Entomo Farms
	45g-56g	10,00\$	196,04\$	Site web d'Uka Inc. et de Gourmex Inc.
	113g	16,50\$	143,61\$	Site web d'Entomo Farms
Mélange de noix (Mélange suprême)	750g	9,49\$	12,53\$	Provigo
Mélange de noix (Rôties, non salées)	350g	11,99\$	33,85\$	Provigo
Mélange de noix (Rôties, non salées)	425g	4,99\$	11,68\$	Métro
Mélange de noix (Rôties, non salées)	170g	5,59\$	32,70\$	Métro

Source : annexe 9

Ce tableau permet de constater que le prix des produits d'insectes est beaucoup plus élevé que celui des autres produits, tout particulièrement en ce qui a trait à la farine. Au kilo, même en la comparant avec une farine biologique, la farine de criquet se vend plus de 45 fois plus cher, ce qui est énorme. Toutefois, la teneur en protéine n'est pas la même. Pour ce qui est des barres protéinées, à quantité égale, celles à base de farine d'insectes se vendent de deux à trois fois plus cher que les autres, sauf la barre Kronobar. Cette dernière, qui est une barre de haute qualité du même style, mais ayant encore plus de protéines (16g contre 10g), se vend seulement un peu moins cher, soit environ quatre dollars de moins du kilo. Pour les insectes entiers, on les a comparés avec des mélanges de noix, produits estimés semblables, autant en termes de protéine qu'à titre d'amuse-gueule. À quantité égale, les insectes restent plus de quatre fois plus chers que le mélange de noix le plus cher.

Sonia Plante, de Virebebitte, estime que les insectes élevés localement dans des conditions contrôlées nourris avec des aliments de qualité et présentant des valeurs nutritionnelles élevées sont des aliments qui resteront passablement toujours plus chers que les aliments plus standard vendus à très grande échelle. Toutefois, à qualité égale, le prix des produits d'insectes devrait éventuellement devenir comparable à celui des autres produits du même style (S. Plante, communication personnelle, 2 décembre 2016).

Dans notre sondage, une question demandait pourquoi les gens n'avaient jamais consommé d'insectes et parmi les choix de réponses se trouvaient la disponibilité des produits et le prix. Sur 338 répondants à cette question, plus de 70 d'entre eux (21 %) ont indiqué que la disponibilité des produits contribuait au fait qu'ils ne mangeaient pas d'insectes. Cependant, seulement 7 personnes (2 %) ont dit que le prix avait une influence. Cela impliquerait-il que le prix n'est pas un facteur influençant le comportement d'achat des produits d'insectes? Peut-être, mais il est également possible que si les gens avaient été au courant du prix réel de ces produits, leur réponse aurait été différente. C'est en tout cas ce que pense Jarod Goldin, d'Entomo Farms, qui, dans une conférence, affirmait que selon lui, le facteur le plus important qui expliquait pourquoi les gens ne mangent pas d'insectes est que le prix est trop élevé. Ce n'était pas à cause de la culture, du sentiment de dégoût ou autre, mais à cause du prix (Goldin, 2016). Sonia Plante, de son côté, estime que le manque d'offre de produits (attirants pour le consommateur et où les insectes ne sont pas visibles) est le facteur qui freine le plus le développement de la consommation des insectes (S. Plante, communication personnelle, 2 décembre 2016). Il reste tout de même que se nourrir d'insectes coûte cher actuellement et qu'une baisse des prix pourrait avoir une influence positive sur la pratique.

3.5 Enjeux législatifs

Afin de contrôler la qualité des aliments et ainsi assurer la santé des citoyens, les paliers de gouvernement mettent en place des lois et règlements. Au Canada, la compétence de réglementer les aliments est partagée entre le gouvernement fédéral, provincial et, dans une certaine mesure, municipal. Le gouvernement fédéral, à travers Santé Canada et l'ACIA, est responsable de légiférer les importations et exportations d'aliments ainsi que les aliments nouveaux alors que le gouvernement provincial se charge de réglementer l'agriculture et la transformation des aliments. Les producteurs d'insectes, doivent respecter les lois et règlements qui s'appliquent pour eux. Toutefois, les lois et règlements à respecter ne sont pas tout à fait les mêmes dans le cas où les insectes sont produits pour l'alimentation humaine, animale ou pour d'autres utilisations. C'est pourquoi, dans cette section, en plus de voir la législation qui s'applique pour la production d'insectes pour la consommation humaine, un bref aperçu sera fait de celle qui s'applique pour les autres utilisations. Une revue canadienne et internationale des enjeux législatifs a aussi été effectuée pour mieux comprendre les avantages et les défis particuliers de l'essor de ce secteur au Québec comparativement à l'internationale (Lähteenmäki-Uutela et al., 2017).

3.5.1 Législation pour la production d'insectes destinés à la consommation humaine

Au Canada, les insectes sont considérés comme des aliments en vertu de la *Loi sur les aliments et drogues* qui définit un aliment comme « [...] tout article fabriqué, vendu ou présenté comme pouvant servir de nourriture ou de boisson à l'être humain, la gomme à mâcher ainsi que tout ingrédient pouvant être mélangé avec un aliment à quelque fin que ce soit » (*Loi sur les aliments et drogues*). De plus, les insectes sont considérés comme des aliments nouveaux. Dans la définition des aliments nouveaux de Santé Canada, on mentionne les aliments n'ayant pas d'antécédent d'innocuité, les aliments ayant subi un nouveau procédé, les aliments qui ont été génétiquement modifiés et les aliments dérivés des biotechnologies (Santé Canada, 2016b). Or, les insectes peuvent potentiellement faire partie des aliments dérivés des biotechnologies. Toutefois, les insectes peuvent aussi démontrer un antécédent d'innocuité. En effet, on dit qu'un aliment à un antécédent d'innocuité

« lorsque, depuis bon nombre de générations, elle fait partie continue du régime d'une population humaine vaste et génétiquement diverse, où cette substance est consommée selon des méthodes et des niveaux auxquels on s'attend au Canada » (Santé Canada, 2006).

Or, pour deux types d'insectes, les vers de farine (ténébrions meuniers) et les grillons et leurs dérivés, un antécédent d'innocuité aurait été démontré et ils ne sont donc plus considérés comme des aliments nouveaux (S. Plante, communication personnelle, 2 décembre 2016). D'ailleurs, la production de ces types d'insectes est une industrie de code 11299 « Tous les autres types d'élevage » du système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) (Statistique Canada, 2016b). Pour les autres espèces d'insectes, s'il n'est pas possible de démontrer un antécédent d'innocuité, ils doivent nécessairement subir une évaluation de l'innocuité avant d'entrer sur le marché canadien. C'est le personnel de la Section des aliments nouveaux de concert avec leurs homologues du Bureau d'innocuité des produits chimiques et du Bureau des sciences de la nutrition qui évalue la salubrité des aliments nouveaux (Santé Canada, 2007).

Actuellement, pour les insectes, les évaluations d'innocuité se font au cas par cas selon les demandes de l'industrie. Reste que dans tous les cas, les insectes et produits d'insectes que les producteurs veulent vendre doivent répondre aux normes d'évaluation de Santé Canada.

L'ACIA, de son côté, doit s'assurer que la vente de produits d'insectes se fasse de manière conforme à la *Loi sur les aliments et drogues* et son *Règlement sur les aliments et drogues*. Dans la *Loi sur les aliments et drogues*, les sections 4, 5 et 7 doivent être respectées pour la vente d'insectes comestibles. En gros, ces sections disent qu'il est interdit de vendre des produits impropres à la consommation, qu'il est interdit d'emballer un produit de manière frauduleuse (p. ex. en cachant des informations) et qu'il est interdit de fabriquer des produits dans des conditions non hygiéniques (*Loi sur les aliments et drogues*). Dans le *Règlement sur les aliments et drogues*, la vente d'insectes comestibles doit répondre aux divisions 1 et 28 de la partie B du règlement. Le règlement établit les normes de composition, de concentration, d'activité, de pureté, de qualité ou autres propriétés des aliments (*Règlement sur les aliments et drogues*). La division 1 de la partie B concerne les aliments alors que la division 28 fait référence à ce qui a été mentionné plus haut sur les aliments nouveaux. L'ACIA se charge également de faire respecter la *Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation* et de son règlement. Cette loi et ce règlement établissent les normes d'emballage et d'étiquetage. L'ACIA a mis en place un outil de référence pour l'industrie concernant l'étiquetage des aliments. Cet outil disponible en ligne stipule l'information sur tous les aspects de l'étiquetage, dont la langue, le nom du produit, la quantité nette, la liste des ingrédients, le pays d'origine, l'étiquetage nutritionnel, les renseignements sur l'entreprise, etc. (ACIA, 2016). Enfin, dans le cas des importateurs d'insectes, ceux-ci doivent respecter la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES). C'est l'ACIA qui se charge de délivrer les permis d'importation en vertu de la *Loi sur la protection des végétaux* et de son règlement.

Les producteurs d'insectes doivent également respecter la législation québécoise. Au Québec, la *Loi sur les produits alimentaires* définit un aliment comme étant « tout ce qui peut servir à la nourriture de l'homme ou des animaux » (*Loi sur les produits alimentaires*). Les insectes sont ainsi considérés comme des aliments et sont donc assujettis aux prescriptions de la *Loi sur les produits alimentaires* et à son *Règlement sur les aliments*. C'est le MAPAQ qui est en charge de l'application de cette loi et de ce règlement. Dans ce règlement, on retrouve les normes quant à l'innocuité du produit, à la salubrité des locaux et de l'équipement, à l'hygiène du personnel, à l'identification des produits et aux conditions de préparation (*Règlement sur les aliments*). Une grande partie de cette réglementation s'adresse majoritairement aux transformateurs d'aliments.

En vertu de la *Loi sur les producteurs agricoles*, les producteurs d'insectes sont considérés, au Québec, comme des producteurs agricoles à moins que la production agricole visant à être mise sur le marché ne soit pas supérieure à 5 000\$ (*Loi sur les producteurs agricoles*). Or, les producteurs agricoles, et donc les producteurs d'insectes, ne sont pas obligés de suivre une formation en hygiène et salubrité des aliments

(MAPAQ, 2015b). C'est toutefois différent pour les transformateurs d'aliments qui eux sont obligés de suivre cette formation. Pour ceux désirant effectuer de la vente au détail, il est nécessaire d'obtenir un permis de vente au détail du MAPAQ (MAPAQ, 2016b). Enfin, les producteurs d'insectes doivent également respecter les règlements municipaux. À cet effet, c'est le règlement de zonage qui découpe le territoire en zones dont les usages sont ensuite déterminés (MAMOT, 2010). Or, bien que la production d'insectes soit considérée comme une activité agricole au Québec, chaque municipalité peut classer ce type d'activité différemment. À Sherbrooke, la Ville a indiqué à Sonia Plante que sa production de grillons était considérée comme une industrie lourde de type meunerie et que les locaux pour ce type d'industrie étaient situés dans le quartier industriel de la ville. Toutefois, à Ascot Corner, ville voisine, ces activités sont considérées comme de l'industriel léger et les zones disponibles sont plus accessibles (S. Plante, communication personnelle, 2 décembre 2016). Il faut donc vérifier la réglementation de chaque municipalité. En dehors de ces lois, aucune spécification n'encadre les méthodes de production même.

3.5.2 Législation pour les autres utilisations des insectes

Les humains produisent aussi des insectes à d'autres fins que pour la consommation humaine. Leur valeur nutritionnelle les rend intéressants pour l'alimentation des animaux d'élevage et en pisciculture. C'est aussi une voie intéressante pour la nourriture des animaux de compagnie. De plus, des recherches tentent de promouvoir l'utilisation des insectes pour valoriser les matières organiques résiduelles.

Profiter des propriétés nutritionnelles des insectes pour les incorporer dans la nourriture des animaux d'élevage et des poissons est une autre grande utilisation qu'on veut faire des insectes. Comme pour les insectes dédiés à la consommation humaine, les insectes produits comme aliment pour le bétail doivent respecter des normes de salubrité et d'innocuité. C'est l'ACIA qui prend en charge la *Loi sur les aliments du bétail* et son *Règlement de 1983 sur les aliments du bétail*. On y retrouve la notion d'aliment nouveau, qui s'applique aux aliments n'ayant pas d'antécédent d'utilisation sûr. Comme aucune politique n'existe pour favoriser les insectes dans l'alimentation animale, chaque insecte, procédé et entreprise doit être enregistré indépendamment. Il existe actuellement une seule autorisation d'utilisation d'insectes comme aliment nouveau pour le bétail. Elle s'applique aux larves de mouches soldat noires (*Hermetia illucens*) entières séchées qui peuvent être utilisées pour nourrir les poulets. C'est l'entreprise Enterra Feed de Colombie-Britannique qui a reçu cette autorisation (Enterra Feed, 2016b).

Il n'y a aucune restriction quant à l'utilisation d'insectes dans l'alimentation des animaux de compagnie. Entomo Farms et Wilder & Harrier produisent déjà des croquettes pour chien à base de farine de criquet. Pour le faire, il est nécessaire de se conformer au *Règlement sur la santé des animaux*. De surcroît, il est préférable de se référer au Guide sur l'étiquetage et la publicité concernant les aliments pour animaux familiers pour l'étiquetage des produits. Autrement, c'est l'ACIA qui est responsable de gérer l'importation de nourriture pour animaux de compagnie.

Finalement, la valorisation des matières organiques résiduelles avec les insectes permet de réduire la quantité de résidus organiques envoyés à l'enfouissement. Mieux encore, valoriser les matières organiques résiduelles à l'aide des insectes qu'on peut ensuite utiliser comme aliment pour le bétail réfère à ce qu'on appelle du « surcyclage » (*upcycling* en anglais). La gestion des matières résiduelles est une compétence provinciale sous la responsabilité du MDDELCC et de Recyc-Québec.

3.6 Enjeux techniques

Les défis techniques sont nombreux pour produire des insectes en grand nombre. Les méthodes de production peuvent varier et chaque espèce nécessite des conditions d'élevage différentes. Cette sous-section décrit quelques méthodes de production ainsi que les infrastructures et équipements nécessaires à la production et à la transformation des insectes. Seront ensuite abordées les espèces d'insectes favorables à une production de masse avant de conclure avec le développement d'expertise.

3.6.1 Méthodes de production

L'élevage d'insectes peut se faire de bien des façons. La collecte en milieu sauvage se pratique encore dans certains pays d'Afrique et d'Asie, mais n'exerce aucun contrôle sanitaire, ne permet pas de nourrir de grandes populations humaines et risque d'affecter la survie des populations sauvages d'insectes. On se tourne plutôt vers une production industrielle pour atteindre les populations et assurer des produits sains. Élever des insectes en grande quantité peut se faire de différentes façons, mais certaines caractéristiques semblent communes à tous les types d'élevage (ANSES, 2014).

- **Un dispositif de confinement strict** : les insectes sont généralement élevés dans des bacs ou des cuves simples. Par exemple, à La Ferme d'Insectes, les insectes sont élevés dans des caissons à tiroirs en plastique (E. Normandin, communication personnelle, 29 octobre 2016). Les bacs ou cuves doivent être étanches aux passages des insectes de toutes tailles, par exemple en les recouvrant de toiles de mousselines ou de toiles moustiquaires. Un aménagement par zone dépendamment des insectes permet également de séparer les adultes des larves et des nymphes et permet ainsi la récolte des insectes au moment adéquat. L'élevage en bacs est la méthode la plus répandue, mais d'autres approches sont essayées. Entomo Farms, en Ontario, vient d'investir dans la transformation de ses infrastructures afin de produire en vastes espaces ouverts plutôt qu'en production en bacs (Goldin, 2016). Il s'agit du premier producteur d'insectes destinés à la consommation humaine à tenter cette expérience. Dans tous les cas, il reste nécessaire que les insectes ne puissent pas s'enfuir.
- **Le maintien de conditions strictes d'élevage** : il a été vu précédemment que les conditions d'élevage jouent un rôle important sur l'impact environnemental de la production tout comme sur la croissance et la valeur nutritionnelle des insectes. Il est primordial d'avoir une aération constante et, dépendamment des insectes, un éclairage naturel ou artificiel avec une alternance jour/nuit. Il faut également un contrôle de la température et de l'hygrométrie en tout temps pour favoriser la croissance des insectes. Selon Enterra Feed, les conditions d'élevage optimales font en sorte que même si des insectes s'échappaient, ils tenteraient de retourner vers le site de production pour en bénéficier (Enterra Feed, 2016c).
- **Un substrat de culture sec et rigide** : il faut créer des cavités dans les lesquelles les insectes peuvent trouver un abri pour pondre. Il peut s'agir de sciure ou de copeaux de bois non traité, de dérivés de

papier et carton comme des contenants d'œufs ou des dispositifs en pulpe de cellulose. Ce peut également être des feuilles d'arbres, des morceaux de terre cuite ou tout autre matériau sain.

- **Une source d'eau pour l'abreuvement** : que ce soit un système d'eau libre ou un système d'éponge ou de coupelles remplies d'eau, la majorité des insectes nécessitent de l'eau potable.
- **Un apport en nourriture adapté** : tel que vu précédemment, les aliments donnés aux insectes influencent fortement leur valeur nutritionnelle ainsi que l'impact environnemental. Comme ces derniers peuvent être nourris à partir d'une grande variété d'aliments, souvent des végétaux, des dérivés de végétaux (farine) ou des fruits, la diète des insectes devrait faire l'objet de recherches afin d'être optimisée (ANSES, 2014). Il reste que les aliments doivent être peu onéreux, disponibles localement, de qualité et exempts de pesticides et d'antibiotiques (FAO, 2014).

Tout au long de la production et de la transformation, il est nécessaire de prendre en compte les différentes normes d'hygiène et de salubrité.

3.6.2 Infrastructures et équipements

Comme il est possible de produire des insectes à peu près n'importe où, les infrastructures potentielles pour accueillir une production sont nombreuses. Il peut s'agir d'anciens bâtiments agricoles, d'anciennes usines, d'entrepôts, etc. Tant que la réglementation municipale est respectée, le choix du bâtiment se fait en fonction de l'envergure de la production désirée. Par exemple, La Ferme d'Insectes s'est installée dans une ancienne écurie, Entomo Farms a converti d'anciens poulaillers alors qu'Enterra Feed s'est construit des bâtiments de style entrepôt (figure 3.17).



Figure 3.17 Site de production d'Entomo Farms (à gauche) et d'Enterra Feed (à droite) (tiré de : Powlik, 2015)

Les équipements nécessaires dépendent du type de production. Cependant, certains sont essentiels au bon maintien des conditions d'élevage, comme les systèmes de chauffage, de ventilation et de contrôle de l'humidité. Il est également important de prévoir les équipements en fonction des méthodes de mise à mort et de transformation des insectes, comme une salle de congélation, un déchiqueteur ou un instrument d'ébouillantage. Pour les transformateurs, les équipements dépendent du type de produit qui est fabriqué. Certains produits sont fabriqués en usine avec des équipements très spécialisés. Cependant, actuellement au Québec, les produits dérivés des insectes sont faits à partir d'équipements relativement peu spécialisés, comme des fours et une centrifugeuse industriels. À cela s'ajoute l'aménagement d'une cuisine certifiée par le MAPAQ quant à la salubrité et l'hygiène (M.-L. Tremblay, communication personnelle, 2016).

3.6.3 Espèces d'insectes favorables

De nombreux critères entrent en ligne de compte lorsque vient le temps de sélectionner l'espèce ou les espèces que l'on veut produire. À travers ce qui a été vu précédemment, voici certaines considérations qui peuvent être prises en compte lors du choix :

- Le goût et l'apparence (acceptation sociale)
- Les valeurs nutritives
- Les aliments pour l'élevage
- Les dangers liés à la consommation
- L'empreinte environnementale de la production
- L'antécédent d'innocuité de l'espèce
- Le ratio de conversion alimentaire
- Espèce indigène plutôt qu'envahissante
- Les possibilités de transformation
- Les conditions d'élevage
- Etc.

D'autres caractéristiques plus biologiques des insectes sont également très importantes à prendre en considération. Kok (1983) et Gon et Price (1984) ont établi les caractéristiques des insectes qui sont le plus propices à être produits à grande échelle. Le tableau 3.14 énumère ces caractéristiques.

Tableau 3.15 Caractéristiques des insectes propices aux systèmes automatisés de production (tiré de FAO, 2014)

Structure sociale des populations	Réactions aux humains
Grégaires	Facilement habitués
Petits territoires	Peu dérangés
Mâles associés à des groupes de femelles	Non antagonistes, pas d'odeur désagréable
Comportements agonistiques intra et interspécifiques	Comportement parental
Non antagonistes avec les individus de son espèce	Soins aux œufs
Non antagonistes avec les individus d'une autre espèce	Autonomie précoce des jeunes
Altruistic	Jeunes aisément séparés des adultes
Comportement sexuel	Ontogénie
Initié par le mâle	Cycle de développement court
Signaux sexuels par mouvements ou posture	Taux de survie élevé des immatures
Induit par des phéromones	Taux de ponte élevé
Partenaires sexuels multiples	Potentiel élevé de croissance par jour de la biomasse
Facilité de reproduction	Faible vulnérabilité aux maladies/parasites
Comportement alimentaire	Activités locomotrices et habitat préférentiel
Omnivore	Non-migrateur
Se nourrit d'aliments communs	Sédentaire ou domaine vital limité
Non-cannibale	Mobilité réduite
Accepte des aliments artificiels	Grande tolérance aux conditions de milieu
Signaux endogènes de satiété	Versatilité écologique

Avec toutes ces informations, comment choisir la bonne espèce? La « Consultation internationale d'experts sur l'évaluation du potentiel des insectes comme aliments pour les hommes et pour les animaux afin de contribuer à la sécurité alimentaire » qui s'est tenue au siège de la FAO à Rome en Italie, du 23 au 25 janvier 2012, a mentionné quelques espèces aptes à être produites en zones tempérées. La caractéristique

prioritaire à respecter est que l'espèce ne représente aucun danger pour l'environnement. Ainsi, il serait préférable de miser sur des espèces cosmopolites comme le grillon domestique (*Acheta domesticus*) (FAO, 2014). Autrement, les experts ont cerné les caractéristiques les plus importantes, soit :

« un fort taux intrinsèque de croissance; un cycle de développement court; un fort taux de survie des immatures et un taux de ponte élevé; un fort potentiel d'accroissement quotidien de la biomasse (c.-à-d. gain de poids par jour); un fort taux de conversion (gain de biomasse – en kg – par kg d'aliment consommé); la capacité de vivre dans des conditions de fortes densités (kg de biomasse par m²); et une faible vulnérabilité aux maladies (haute résistance) » (FAO, 2014).

Selon eux, l'espèce qui répond le mieux à ces conditions est le ténébrion meunier (*Tenebrio molitor*) pour l'alimentation humaine et la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) pour l'alimentation animale (FAO, 2014). Les experts ont également averti que, à l'instar de la production agricole, la production d'une seule espèce est à éviter, du fait de la vulnérabilité des systèmes de production (FAO, 2014). En 2000, l'entreprise Kreca a perdu 50 % de son élevage de grillon domestique (*Acheta domesticus*) en 8-12 heures seulement, probablement à cause d'un virus qui s'est propagé. Depuis, l'entreprise élève trois espèces différentes (FAO, 2014).

3.6.4 Développement d'expertise

Actuellement, les systèmes de production d'insectes à grande échelle ne sont que peu développés et sont encore trop chers pour concurrencer la production d'autres aliments (FAO, 2014). Une étude aux Pays-Bas en 2011 indique que la production de ténébrions meuniers est encore 4,8 fois plus chère que celle d'aliments conventionnels pour poulets. Cela est dû principalement aux coûts du travail et ceux liés à la construction des locaux de production qui sont plus chers que pour les autres aliments (FAO, 2014). Toutefois, l'industrie est en plein essor en Amérique du Nord depuis les quatre ou cinq dernières années (Nathan Allen, 2016). Cela implique que la recherche et développement augmente et que l'expertise se développe. Au niveau technique, le grand défi consiste à parvenir à mettre au point des procédés automatisés pour réduire les coûts et rendre les produits plus abordables (FAO, 2014).

4. RÉSULTATS

L'analyse des six enjeux a permis de faire le point sur la situation actuelle de l'industrie des insectes. Grâce à elle, il est possible de discerner objectivement les enjeux qui sont favorables et moins favorables au déploiement de l'industrie et les raisons associées. Le tableau 4.1 résume l'analyse actuelle.

Tableau 4.1 Résumé de l'analyse en aspects favorables et défavorables à l'essor de l'industrie

Enjeux	Favorable	Défavorable	Raisons
Enjeux environnementaux	✓		+ Excellente performance environnementale globale
Enjeux sociaux		✓	- Encore trop peu répandue ± Ouverture lente à la pratique
Enjeux nutritionnels	✓		+ Valeurs nutritionnelles intéressantes + Peu de dangers
Enjeux économiques		✓	- Financement difficile - Prix trop élevé pour attirer les consommateurs et disponibilité limitée des produits - Peu de publicité + Potentiel de marché présent et tendance favorable
Enjeux législatifs	✓	✓	- Pas de volonté politique favorisante + Pas d'obstacles majeurs
Enjeux techniques	✓	✓	+ Méthodes de production simples - Besoin d'amélioration des performances

Globalement, les enjeux environnementaux sont favorables au déploiement de l'industrie des insectes. Les partisans de l'industrie des insectes ont raison d'en faire un cheval de bataille, car il s'agit d'un avantage important. Même si la FAO, dans son rapport, fait mention des impacts environnementaux de la production d'insectes avec prudence, l'analyse de cet enjeu, en tenant en compte l'ensemble des limites qui y sont liées, semble corroborer ce qu'elle avance. Dans l'optique d'une comparaison avec la production de viandes conventionnelles, la production d'insectes émettrait moins de gaz à effet de serre, nécessiterait moins d'espace tout en ayant une plus grande flexibilité quant aux endroits pour effectuer la production et demanderait moins de ressources en eau. Les insectes ont également l'avantage de pouvoir être élevés sur des résidus organiques (si l'on veut s'en servir comme aliment pour le bétail) et ont un ratio de conversion alimentaire plus intéressant que le bétail. De surcroît, par certaines de leurs caractéristiques naturelles, les insectes sont enclins à moins souffrir des conditions d'élevage. L'énergie nécessaire pour produire des insectes semble être plus élevée que pour le poulet, mais plusieurs limites sont à considérer. Dans l'ensemble, selon nos connaissances actuelles qui sont encore fragmentaires, la production d'insectes offre une empreinte environnementale avantageuse.

Au niveau social, la pratique de consommer des insectes commence à obtenir un certain degré d'ouverture. Toutefois, cet enjeu est considéré comme un frein au développement de l'industrie, car même si les gens semblent accepter un peu plus que les insectes puissent être un aliment, il y a encore une réticence à l'appliquer en réalité. De plus, même si certaines personnes sont ouvertes, pour beaucoup la relation avec les insectes est négative et plusieurs les considèrent encore comme nuisibles. Tout de même, notre sondage semble démontrer qu'un changement de mentalité tend à apparaître et que les gens seraient prêts à essayer d'en consommer. Selon le sondage, plusieurs personnes ont déjà essayé les insectes comme aliments, mais, pour plus que la majorité, uniquement dans une dégustation. Les raisons d'essayer sont plus associées à la nouveauté et à la découverte qu'à autre chose. Ceux n'en ayant jamais mangé ont plus donné comme raisons l'apparence et la texture des insectes ainsi que la disponibilité des produits. Enfin, une grande proportion des répondants dit voir les insectes comme une alternative intéressante à leur consommation de viande, autant pour les femmes que les hommes. Une autre étude soulève différents éléments dont certains sont similaires, mais conclut que les freins et blocages à la pratique sont encore très présents.

L'aspect nutritionnel des insectes est également favorable au déploiement de l'industrie. Cet enjeu est d'une grande importance, car sans des valeurs nutritionnelles intéressantes, les insectes n'auraient que très peu de chance d'être intégrés dans l'alimentation occidentale, et ce, même avec des impacts environnementaux très faibles. Toutefois, l'analyse a permis de déterminer que les insectes, de manière générale et malgré un danger allergène présent, possèdent des valeurs nutritionnelles intéressantes justifiant leur utilisation en tant qu'aliment, et plus particulièrement comme aliment protéiné. En tenant compte des limites de l'analyse, les insectes tendent à avoir, principalement, une teneur en protéine très élevée accompagnée des acides aminés nécessaires à leur bonne assimilation. L'apport énergétique est suffisant, étant même élevé pour plusieurs espèces, avec une teneur en matières grasses intégrant les deux acides gras essentiels. Au niveau des vitamines et minéraux, les insectes affichent des teneurs variables. Les insectes possèdent suffisamment de certaines vitamines, mais plus faiblement de d'autres, comme la vitamine A et C. Le constat est similaire pour les minéraux. Les insectes sont généralement riches en plusieurs éléments minéraux dont le fer et le zinc, mais moins riches en d'autres éléments comme le sodium et le calcium. Enfin, l'exosquelette des insectes contient de la chitine, une sorte de fibre, qui peut être intéressante. D'un autre côté, certains dangers peuvent être liés à la consommation d'insectes. Cependant, les espèces qui sont produites au Québec dans les conditions d'hygiène et de salubrité en vigueur permettent d'éviter la grande majorité des dangers. Le seul danger encore important est le danger allergène, puisqu'il est encore mal caractérisé. C'est pourquoi il est obligatoire de bien avertir les consommateurs des risques d'allergies.

De leur côté, les enjeux économiques sont encore défavorables à l'industrie des insectes. On y retrouve plusieurs éléments qui, à cette étape, jouent en défaveur de son développement, mais qui peuvent changer avec le temps. Ainsi, le financement du démarrage de nouvelles entreprises est un défi important à relever. Comme, selon les intervenants contactés, ce type de projet semble trop risqué pour les financiers

traditionnels, les entrepreneurs se tournent vers d'autres possibilités, notamment le sociofinancement. Par contre, le potentiel de marché des insectes semble prometteur et répond à une tendance actuelle du domaine alimentaire. Au niveau de la communication et du marketing, on retrouve peu de publicité faisant état des avantages que procurent les insectes sur la santé et sur l'environnement sauf sur le site web des entreprises et par le biais des médias à l'occasion. Enfin, le prix des produits à base d'insectes est encore élevé et on ne retrouve que peu de produits et dans un nombre restreint de commerces. Cette situation est toutefois normale compte tenu du caractère innovateur et original de cette industrie.

Il est difficile de dire si la législation entourant l'industrie des insectes est favorable ou non à son développement. Même s'il n'y a pas encore d'initiatives en amont par les gouvernements pour faciliter le déploiement de cette industrie, il n'y a pas non plus de barrières importantes à franchir, comme il se fait ailleurs. La législation est la même que pour les autres aliments qui sont consommés au Canada. Aucune législation n'encadre la production même, c'est plutôt l'innocuité et la salubrité des insectes qui sont légiférés. Au fédéral, Santé Canada encadre l'évaluation des nouveaux aliments. Les insectes sont des nouveaux aliments sauf certains types d'espèces, soit les vers de farine et les grillons. Santé Canada ne prend pas l'initiative de tester plus d'espèces d'insectes et ne fait encore que répondre aux demandes au cas par cas. L'ACIA se charge de l'aspect de la vente d'insectes comestibles afin que le tout se fasse de manière salubre et sécuritaire pour la santé. Au provincial, le MAPAQ assure la salubrité et l'hygiène lors des étapes de conditionnement et de transformation des insectes. Certains aspects de l'étiquetage sont légiférés au provincial alors que d'autres le sont au fédéral. Enfin, au municipal, le règlement de zonage doit être respecté pour l'emplacement des opérations des entreprises.

Les enjeux techniques sont également ni plus favorables, ni plus défavorables à l'industrie des insectes. Ils rappellent que les méthodes d'élevage actuelles sont simples, mais doivent être optimisées. Certaines caractéristiques communes aux méthodes d'élevage existent et s'appliquent à la grande majorité des producteurs. Les infrastructures peuvent être variées et nécessitent relativement peu d'équipements spécialisés. Certaines espèces, comme les grillons et les ténébrions meuniers, sont favorables à de l'élevage à grande échelle, mais le développement d'expertise doit continuer à se faire afin d'améliorer les performances d'élevage.

5. RECOMMANDATIONS

Voici les recommandations qui sont proposées afin de pallier aux aspects plus défavorables de l'industrie des insectes et favoriser son déploiement. Les recommandations sont réparties selon les parties prenantes qui devraient les prendre en charge.

5.1 Aux gouvernements

Les recommandations suivantes ciblent directement les deux paliers de gouvernement.

➤ **Développer des programmes de financement et de subvention pour le démarrage d'entreprise dans ce secteur**

Le but est de faciliter et favoriser l'entrepreneuriat dans ce domaine afin de faire augmenter le nombre d'entreprises. Le financement étant actuellement un frein au développement de l'industrie, une aide additionnelle du gouvernement aurait l'effet inverse. Beaucoup de producteurs et de transformateurs se font approcher par des entrepreneurs qui ont un projet avec les insectes, mais il est plutôt rare de voir un de ces projets se concrétiser.

➤ **Définir un encadrement spécifique des conditions d'élevage et de production des insectes et de leurs produits permettant de garantir la maîtrise des risques sanitaires**

Vu que la production d'insectes n'est actuellement pas réglementée, les différentes méthodes de production peuvent présenter des risques mal caractérisés. L'élaboration de directives et de normes sanitaires à respecter pour les producteurs, en fonction des espèces, viendrait diminuer les risques de contamination et dangers pour la santé. Selon le sondage, un encadrement des pratiques d'élevage par les gouvernements serait favorisé par rapport à une autoréglementation de l'industrie.

➤ **Procéder à l'évaluation d'innocuité de plus d'espèces d'insectes afin d'ouvrir le marché**

Puisque les insectes sont considérés comme des aliments nouveaux au Canada, il est nécessaire de prouver pour chaque espèce qu'un antécédent d'innocuité existe. Pour un producteur d'insectes désirant démarrer son élevage, les démarches nécessaires pour y parvenir sont complexes et demandent beaucoup de temps et de recherches. Cette façon de faire limite l'expansion du marché des insectes. Afin d'avoir l'effet contraire, Santé Canada pourrait soutenir financièrement et techniquement les entrepreneurs désirant effectuer ce genre d'analyse pour d'autres espèces. Cela encouragerait plus d'entrepreneurs à se lancer dans ce domaine et permettrait une diversification dans l'industrie. Une liste des espèces approuvées pour la consommation humaine pourrait être développée.

➤ **Statuer sur la question du bien-être des insectes et mettre en place des balises de référence**

La question du bien-être animal des insectes est encore ambiguë et cela mène à différentes pratiques d'élevages pouvant affecter le bien-être des insectes. Pour remédier à la situation, la question doit être tranchée, à l'aide de recherches démontrées pour pouvoir mettre en place des balises de référence claires. On entend par là des indications sur la densité d'insectes par volume d'espace, sur le type de mise à mort, etc.

➤ **Fixer des mesures de prévention du risque allergique pour les consommateurs et en milieu d'élevage**

Le risque allergique est bien présent pour les consommateurs en plus des risques de développement d'allergies en milieu de production. La mise en place de mesures de prévention au risque allergique dans ces deux milieux permettrait de limiter les dangers qui y sont reliés.

5.2 Aux producteurs

Les recommandations qui suivent s'adressent aux producteurs d'insectes.

➤ **Évaluer les régimes alimentaires permettant l'atteinte de valeurs nutritives désirées**

Comme les valeurs nutritives des insectes dépendent grandement de leur alimentation, des tests alimentaires permettraient sans aucun doute d'améliorer certaines teneurs nutritives des insectes afin d'atteindre des objectifs particuliers (p. ex. des insectes à très forte teneur en protéines, ou en fer, ou d'un certain goût, etc.). Dans l'évaluation des différents aliments, il faut toujours que ce soit fait dans l'optique, actuellement, d'un coût raisonnable, bien que les résultats du sondage n'aient pas suggéré que le coût soit une forte limite pour les consommateurs sondés, et d'une qualité acceptable. L'élevage d'insectes sur des résidus organiques pour l'alimentation animale doit également faire l'objet de recherches afin d'évaluer les types de résidus acceptables et les dangers associés.

➤ **Développer des procédés de production automatisés permettant une diminution des coûts**

Étant donné que les techniques de production actuelles nécessitent beaucoup de manipulations humaines et ne sont que peu automatisées, cela engendre des coûts importants qui sont ensuite répercutés sur les produits. Le développement de procédés automatisés accélérant la production permettra de réduire les coûts et ainsi augmenter les marges de profit. Il peut s'agir de systèmes d'abreuvoirs pour les insectes, de systèmes permettant le nettoyage des cuves (ou du sol, dépendamment du type de production), de transport des œufs, etc.

➤ **Tester les conditions d'élevage optimales**

Évaluer, pour chaque espèce, les conditions d'élevage qui sont optimales pour la performance de la production. Il s'agit d'influencer la température, l'éclairage, l'humidité, les lieux de pontes, etc. jusqu'à une performance optimale qui sera par la suite répétée.

5.3 Aux transformateurs

Voici la recommandation qui vise les transformateurs de produits à base d'insectes.

➤ **Développer une offre de produits plus alléchante pour les consommateurs**

Étant donné qu'on ne retrouve que peu de produits d'insectes sur le marché, cela rend difficile d'intégrer les insectes dans l'alimentation. La farine d'insectes et les insectes entiers rôtis ne constituent pas une offre de produits suffisamment attirante pour les consommateurs. Une augmentation du nombre de produits à base d'insectes aurait un effet bénéfique pour faire croître la popularité de ce type de produits. Des essais visant la production de produits différents, comme des pâtes alimentaires, des sauces tomates, des pâtisseries, des confiseries, des chips, etc. seraient nécessaires. Il existe déjà une variété assez importante de produits à travers le monde. Une comparaison avec ces autres produits devrait pouvoir être faite en gardant en tête que selon les réponses au sondage, les produits où les insectes sont invisibles ont plus de chances d'être essayés.

5.4 À l'ensemble des acteurs de l'industrie

Ces recommandations doivent être prises en compte par les acteurs de l'industrie, qui est majoritairement constituée des producteurs et des transformateurs.

➤ **Créer un regroupement des entreprises dans l'industrie des insectes dédiés à l'alimentation humaine au Québec**

Au même titre que le NAEIC se veut un regroupement des acteurs de l'industrie des insectes pour la représenter devant les instances gouvernementales, un regroupement québécois des acteurs de l'industrie des insectes destinés à l'alimentation humaine permettrait de faciliter le développement du marché. Une collaboration entre les acteurs, qui sont encore peu nombreux, permettra de diversifier l'offre et de favoriser un déploiement de l'industrie à plus grande échelle en même temps. En travaillant ensemble, les parties prenantes de l'industrie devrait trouver des solutions afin d'arriver à réduire le prix des produits. Il faudrait également tenter de distribuer les produits dans les magasins grande surface qui sont fréquentés par la majorité des consommateurs, comme les épiceries.

➤ **Augmenter l'information, la sensibilisation et l'éducation du public par différentes approches**

Afin de faire connaître plus largement les avantages des insectes et les produits qui en sont issus, il est nécessaire d'entreprendre des démarches de publicité de masse. Il s'agit d'informer une plus grande partie de la population sur ce nouveau segment de marché et les avantages qu'il procure. Plusieurs façons d'y arriver existent : déploiement publicitaire, participation à des événements, partage dans les réseaux sociaux, appel aux médias, etc. Il est certain que ce genre de programme implique des coûts qui peuvent être importants, mais en rassemblant les différents acteurs du domaine, cela ouvre plus grand le champ des possibilités. Il s'agit d'ailleurs d'un objectif de la NAEIC. Les informations délivrées dans les messages

devraient toucher, comme c'est déjà le cas, aux avantages environnementaux des insectes et à leurs valeurs nutritionnelles intéressantes, mais aussi au goût des insectes, qui n'est pas déplaisant, et aux nombreux usages qu'on peut en faire. Le but est de transformer l'image négative qu'ont les gens des insectes.

➤ **Effectuer une analyse de cycle de vie dans le contexte québécois avec les paramètres pertinents**

Afin d'obtenir une meilleure idée des impacts environnementaux d'une production d'insectes au Québec, l'ACV devrait tenir compte de l'ensemble des paramètres pertinents. Ainsi, elle devrait se pencher sur la production des espèces d'insectes les plus produites, soit les ténébrions meuniers et les grillons. L'ACV doit prendre en compte un régime alimentaire adapté aux insectes et dont le prix des aliments reste raisonnable. De plus, les techniques de production actuelles doivent être prises en compte avec les sources d'énergies locales (hydroélectricité). Un contexte d'analyse où la production est de grande échelle permettra également d'obtenir des données plus réalistes. Il pourrait également être intéressant d'intégrer la phase de conditionnement et de transformation des insectes dans l'ACV pour obtenir un tableau complet de la situation. Enfin, la liste des impacts qui sont évalués devrait être exhaustive, comme Smetana (2016). Idéalement, de multiples ACV devraient être faites pour établir les espèces, le régime alimentaire et les conditions optimales de production permettant le moins d'impacts sur l'environnement.

CONCLUSION

L'émergente industrie des insectes présente un potentiel intéressant pour l'alimentation. Confrontée à un futur où l'agriculture et les denrées alimentaires peuvent devenir des enjeux importants, l'industrie des insectes présente une solution attrayante. Les éléments soulevés dans cet essai tendent en effet à démontrer que les insectes peuvent faire partie de la solution.

Les différents objectifs formulés ont été atteints à travers les chapitres du travail. Un survol de la problématique actuelle a permis de comprendre que l'industrie des insectes au Québec est une industrie émergente qui n'atteint pas encore beaucoup de consommateurs. En effet, à travers son histoire, le Québec n'a jamais vraiment intégré les insectes dans son alimentation. Même si les insectes sont utilisés pour différents autres usages particuliers, l'insecte comme aliment ne plaît pas à tout le monde. Toutefois, ailleurs sur la planète et pour beaucoup de gens, les insectes font partie de la diète quotidienne et sont consommés avec plaisir. Au Québec, le rapport de la FAO sorti en 2014 a grandement contribué à l'engouement pour les insectes et leur production. C'est d'ailleurs également le cas pour les autres régions développées du monde, comme l'Europe et les États-Unis. Ces endroits, où l'entomophagie n'est également pas courante, connaissent aussi une croissance des initiatives en lien avec l'industrie des insectes. Cependant, dans les pays d'Amérique du Sud, d'Asie, d'Afrique et d'Océanie, les insectes font partie de la culture et constituent, pour certains, une source d'aliments de subsistance importante.

Les parties prenantes reliées à l'industrie des insectes sont nombreuses et chacune présente un degré d'importance différent. Les deux parties prenantes centrales sont les producteurs d'insectes et les transformateurs de produits à base d'insectes. Ce sont les piliers centraux qui cherchent à développer l'industrie. Ensuite, des parties prenantes principales gravitent autour, comme les différents organismes gouvernementaux qui appliquent des lois qu'il est nécessaire de respecter. Les consommateurs et les détaillants sont également principaux, car ce sont eux qui permettent à l'industrie d'exister. D'autres parties prenantes viennent ensuite influencer l'industrie, comme les financiers et les fournisseurs.

L'analyse des enjeux liés à l'industrie des insectes a permis l'atteinte de l'objectif principal du travail. L'analyse des enjeux environnementaux, malgré bien des limites, démontre une empreinte environnementale des insectes plus faible que pour la viande conventionnelle et soutient la considération des insectes comme intéressants pour l'environnement. Certaines questions éthiques peuvent encore être posées, mais, à priori, le constat est favorable. Les enjeux sociaux permettent de comprendre que malgré une relation historique négative avec les insectes au Québec, les gens tendent à s'ouvrir aux nouvelles pratiques et à l'idée de manger des insectes. Toutefois, avant d'observer un réel changement d'habitude et d'attitude, il faudra encore du temps. Les gens perçoivent les avantages que procurent les insectes, mais ne sont pas encore suffisamment attirés par eux. D'un point de vue nutritionnel, les insectes sont très intéressants et méritent qu'on leur donne plus de place, notamment en ce qui a trait à leur teneur en

protéines et en matières grasses. En plus, les valeurs nutritives des insectes peuvent être améliorées de différentes façons, comme en modifiant les aliments qui leurs sont donnés. Les insectes présentent également relativement peu de dangers pour la santé. D'un point de vue économique, il existe encore des difficultés, même si le potentiel de marché est réel et que les insectes s'inscrivent dans la tendance alimentaire actuelle au Québec qui est aux produits exotiques. Toutefois, l'industrie est trop nouvelle et les financiers la perçoivent comme encore trop risquée. Cela freine les entrepreneurs qui veulent se lancer dans ce domaine et qui doivent trouver du financement par d'autres alternatives. Plusieurs se sont d'ailleurs tournés vers le sociofinancement. Le marketing et la communication entourant l'industrie des insectes sont encore peu importants et cela n'est pas favorable à son expansion. De surcroît, le prix des produits est très élevé, souvent plus que le double des produits aux valeurs nutritives similaires, et il est difficile de trouver les endroits où se procurer des produits à base d'insectes. L'aspect législatif n'est pas vraiment un frein au Québec, mais ne favorise pas non plus l'industrie. Il y a deux espèces d'insectes qui ne sont plus considérées comme de nouveaux aliments, mais toutes les autres espèces doivent démontrer un antécédent d'innocuité ou être évaluées par Santé Canada. Il n'y a pas de normes qui encadrent la production d'insectes à proprement dit, seulement des normes de salubrité et d'hygiène pour la transformation. Les enjeux techniques démontrent que les productions d'insectes peuvent présenter certaines caractéristiques communes, comme le contrôle des conditions d'élevage, mais que les méthodes actuelles pourraient être améliorées grâce à l'automatisation des procédés d'alimentation, de récolte et de transformation afin de diminuer les coûts. Il existe certaines espèces d'insectes qui sont d'ailleurs plus favorables à la production industrielle, comme les ténébrions meuniers (*Tenebrio molitor*).

L'analyse de ces six enjeux a permis d'identifier lesquels sont favorables et lesquels sont défavorables à l'industrie des insectes tout en permettant de cibler les points faibles actuels de l'industrie. Les enjeux environnementaux et nutritionnels sont favorables au déploiement de l'industrie des insectes alors que les enjeux sociaux et les enjeux économiques sont encore défavorables. Les enjeux législatifs et les enjeux techniques ne sont ni favorables ni défavorables.

Afin d'améliorer ces résultats, douze recommandations sont faites à différentes parties prenantes de l'industrie, majoritairement aux gouvernements, aux producteurs et aux transformateurs. Ces recommandations ciblent les points faibles de l'industrie et devraient permettre d'en accélérer la croissance. Parmi celles-ci, une vise à faciliter l'accès à du financement pour les entreprises de ce secteur, une autre propose d'augmenter l'offre de produits transformés aux consommateurs alors qu'une autre met de l'avant la possibilité d'évaluer l'innocuité de plus d'espèces d'insectes.

L'ensemble de cette analyse apparaît pertinent dans une optique de raréfaction des ressources naturelles nécessaires à la production agricole et une augmentation de la demande en nourriture. L'option des insectes comme alternative à la viande est intéressante et semble engendrer moins d'impacts sur l'environnement. Mais ne serait-il pas mieux d'éliminer complètement la viande de son alimentation et se tourner uniquement vers les plantes?

RÉFÉRENCES

- AAC. (2016a). Ce que nous faisons. AAC, *section À propos de nous*. Repéré à <http://www.agr.gc.ca/fra/a-propos-de-nous/ce-que-nous-faisons/?id=1360700688523>
- AAC. (2016b). Programme Agri-Innovation. AAC, *section Programmes et services – Listes des programmes et services*. Repéré à <http://www.agr.gc.ca/fra/programmes-et-services/liste-des-programmes-et-services/programme-agri-innovation/?id=1460123349608>
- ACIA. (2015). Au sujet de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. ACIA, *section Au sujet de l'ACIA*. Repéré à <http://www.inspection.gc.ca/au-sujet-de-l-acia/fra/1299008020759/1299008778654>
- ACIA. (2016). L'étiquetage des aliments pour l'industrie. ACIA, *section Aliments – Étiquetage*. Repéré à <http://www.inspection.gc.ca/aliments/etiquetage/l-etiquetage-des-aliments-pour-l-industrie/fra/1383607266489/1383607344939>
- Ademolu, K.O., Idowu, A.B. et Olatunde, G.O. (2010). Nutritional value assessment of variegated grasshopper, *Zonocerus variegatus* (L.) (Acridoidea: Pygomorphidae), during post-embryonic development. *African Entomology*, 18(2), 360–364. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/232661764_Nutritional_Value_Assessment_of_Variegated_Grasshopper_Zonocerus_variegatus_L_Acridoidea_Pygomorphidae_During_Post-Embryonic_Development
- Agence de coopération culturelle et technique. (1977). Nymphe. *Office québécois de la langue française, section Grand dictionnaire terminologique*. Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8466774
- ANSES. (2015). AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à : « la valorisation des insectes dans l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes ». ANSES, *section Avis – Rapport – Publication – Rapports sur saisine*. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2014sa0153.pdf>
- Bachhuber, K. (2016). Mainstreaming edible insects: The next steps. *XXV International Congress of Entomology*, Orlando, FL.
- Barre, A., Caze-Subra, S., Gironde, C., Bienvenu, F., Bienvenu, J. et Rougé, P. (2014). Entomophagie et risque allergique. *Revue Française d'Allergologie* 54(4). Repéré à https://www.researchgate.net/publication/261219631_Entomophagie_et_risque_allergique
- Bitwater Farms. (2016). Use space & waste for savings & profit. *Bitwater Farms, section How it works*. Repéré à <http://www.bitwaterfarms.com/how-it-works/>
- Bodenheimer F.S. (1951). *Insects as human food*. La Hayes, Pays-Bas : Dr W. Junk Publisher.
- Bonti Ankhoma, S. et K. Yiridoe, E. (2006). Aliments biologiques et conventionnels : examen de la documentation sur les facteurs économiques de la perception et des préférences des consommateurs. *Centre d'agriculture biologique du Canada, section Recherche – Nourriture et santé – Des aliments biologiques par rapport des aliments conventionnels*. Repéré à <http://www.organicagcentre.ca/Docs/BONTI%20&%20YIRIDOE%20April%2028%202006%20Final%20FRENCH.pdf>
- Borde V. (2014, 12 août). Des insectes dans notre assiette ! *L'actualité*. Repéré à <http://www.lactualite.com/societe/des-insectes-dans-notre-assiette/>

- Brambell, F.W. (1965). *Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals kept under Intensive Livestock Husbandry Systems*. Londres, Royaume-Uni: Her Majesty's Stationary Office. Repéré à <http://docplayer.net/1260087-Technical-committee-to-enquire-into-the-welfare-of-animals-kept-under.html>
- Bukkens, S.G.F. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 287–319. Repéré à <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.1997.9991521>
- Bukkens, S.G.F. (2005). Insects in the human diet: nutritional aspects. Dans M.G. Paoletti (dir), *Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development*, (p. 545–577). New Hampshire, États-Unis : Science Publishers.
- Bureau, C. (2016, 13 juin). Élevage d'insectes pour farine nouveau genre à Sherbrooke. *Radio-Canada*. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/regions/estrie/2016/06/13/005-elevage-insectes-quebec-sherbrooke-grillons-virebebittes.shtml>
- Cabrera, P., Hénault-Éthier, L., Lefebvre, B. et Tchuam-Tchouwo, A. (2015). La faisabilité des élevages d'insectes pour la consommation humaine ou animale en milieu urbain. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/291332498_La_faisabilite_des_elevages_d%27insectes_pour_la_consommation_humaine_ou_animale_en_milieu_urbain
- Caparros Megido R., Alabi T., Larreché S., Louxinger A., Haubruge E. et Francis F. (2015). Risques et valorisation des insectes dans l'alimentation humaine et animale. *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 51(3), 215-258. Repéré à <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00379271.2015.1122911>
- CEEBIOS. (s.d.). Un papillon solaire. *CEEBIOS, section Le biomimétisme*. Repéré à <http://ceebios.com/le-biomimetisme/>
- Centre national de la recherche scientifique. (2012). Le « graal » de l'entomologie enfin découvert : le plus ancien insecte fossile complet du monde. *CNRS, section Communiqué de presse*. Repéré à <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqué/2735.htm>
- Chapagain, A.K. et Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. *Water footprint network, section Resources – Publications*. Repéré à <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report13.pdf>
- Chen, X., Feng, Y. et Chen, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China. *Entomological Research*, 39(5), 299–303. Repéré à <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-5967.2009.00237.x/full>
- Cléa Brito de Figueirêdo, M., Potting, J., Augusto Lopes Serrano, L., Alves Bezerra, M., da Silva Barros, V., Sonsol Gondim, R. et Nemecek, T. (2014). Life cycle assessment of Brazilian cashew. *Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014), 8-10 October 2014, San Francisco, CA*. Repéré à <http://lcafood2014.org/papers/60.pdf>
- Cohen, N. (2011). *Locavore: Green Food: An A to Z Guide*. Sage Publication, section Recherche. Repéré à <http://sk.sagepub.com/reference/greenfood/n96.xml>
- Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R. et Paoletti, M.G. (2005). House cricket small-scale farming. Dans M.G. Paoletti (dir.), *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails* (p. 519–544). New Hampshire, États-Unis : Science Publishers.
- Commission d'enrichissement de la langue française (France). (2013). Services écosystémiques. *Office québécois de la langue française, section Grand dictionnaire terminologique*. Repéré à http://www.gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26540328

- Committee on the environment and natural resources. (2000). Atmospheric Ammonia: Source and Fate – A Review of Ongoing Federal Research and Future Needs. *Earth System Research Laboratory, section Search – Ammonia*. Repéré à <http://www.esrl.noaa.gov/csd/AQRS/reports/ammonia.pdf>
- Conseil québécois de l'horticulture. (2010). Les kilomètres alimentaires et l'émission de GES. *Agri- Réseau, section Documents*. Repéré à https://www.agrireseau.net/argeneral/documents/Bulletin_2_7_kilometre_alimentaire.pdf
- Convention sur la diversité biologique. (2011). Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique. *Convention de la diversité biologique, section média*. Repéré à <https://www.CDB.int/undb/media/factsheets/undb-factsheet-sp-fr.pdf>
- Côté, C. (2016). *Analyse carbone de deux régimes et recommandations pour réduire l'impact environnemental de l'alimentation* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec.
- Crewe, T. L., & McCracken, J. D. (2015). Long-term trends in the number of monarch butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae) counted on fall migration at Long Point, Ontario, Canada (1995–2014). *Annals of the Entomological Society of America*, 108(5), 707-717. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/281139792_Long-term_Trends_in_the_Number_of_Monarch_Butterflies_LepidopteraNymphalidae_Counted_on_Fall_Migration_at_Long_Point_Ontario_Canada_1995-2014
- Dalgaard, R., Schmidt, J., Halberg, N., Christensen, P., Thrane, M. et Pengue, W.A. (2007). LCA of soybean meal. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(3), 240-254. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/226455839_LCA_of_soybean_meal
- Das, M., Ganguly, A. et Haldar, P. (2009). Space requirement for mass rearing of two common Indian acridid adults (Orthoptera: Acrididae) in laboratory condition. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 6(3), 313–316. Repéré à [http://www.idosi.org/aejaes/jaes6\(3\)/10.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes6(3)/10.pdf)
- de Vries, M. et de Boer, I.J.M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128(1-3), 1-11. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/41140267_Comparing_environmental_impacts_for_livestock_products_A_review_of_life_cycle_assessments
- DeFoliart G.R. (1991). Insect fatty acids: similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation, but higher in the polyunsaturates. *The Food Insect Newsletter* 4(1), 1-8. Repéré à http://labs.russell.wisc.edu/insectsasfood/files/2012/09/Volume_4_No_1.pdf
- DeFoliart, G.R. (1999). Insects as food: Why the western attitude is important. *Annual Review of Entomology*, 44, 21–50. Repéré à http://labs.russell.wisc.edu/insectsasfood/files/2012/09/20_WesternAttitude_savedReducedSetting.pdf
- DeFoliart, G.R. (2003). *Insects as food: Encyclopedia of Insect*. Resh, VH et Cardé, RT, Academic Press. Repéré à http://labs.russell.wisc.edu/insectsasfood/files/2012/09/21_EncyInsects.pdf
- Del Toro, I., Ribbons, R.R. et Pelini, S.L. (2012). The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 17, 133–146. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/260866190_The_little_things_that_run_the_world_revisited_A_review_of_ant-mediated_ecosystem_services_and_disservices_Hymenoptera_Formicidae

- DeWeerd, S. (2009). Is Local Food Better? *Worldwatch Institute, section Food & Agriculture*. Repéré à <http://www.worldwatch.org/node/6064>
- Diamond, J. (2005). *Guns, germs and steel: a short history of everybody for the last 13 000 years*. Milton Keynes, Buckinghamshire, Royaume-Uni : Vintage.
- Dictionnaire Reverso. (2016). Entomophagie. *Dictionnaire Reverso* Repéré à <http://dictionnaire.reverso.net/francais-definition/entomophagie>
- Dossey, A.T., Morales-Ramos, J. et Guadalupe Rojas, M. (2016). *Insects as Sustainable Food Ingredient: Production, Processing and Food Application*. Londres, Royaume-Uni : Academic Press
- Dumont, M.-E. (2016, 29 août). Nourris aux larves. *Le journal de Montréal*. Repéré à <http://www.journaldemontreal.com/2016/08/29/nourris-aux-larves>
- Egert, M., Wagner, B., Lemke, T., Brune, A. et Friedrich, M.W. (2003). Microbial community structure in midgut and hindgut of the humus-feeding larva of *Pachnoda ephippiata* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Applied and Environmental Microbiology*, 69(11), 6659–6668. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/5358602_Microbial_Community_Structure_in_Midgut_and_Hindgut_of_the_Humus-Feeding_Larva_of_Pachnoda_ephippiata_Coleoptera_Scarabaeidae
- Eisner, T. (1970). Chemical Defense against Predation in Arthropods. Dans Sondheimer, E. et Simeone, J.B. (dir.), *Chemical Ecology* (p.68-107). New-York, NY : Academic Press Inc.
- Enterra Feed. (s.d.). Enterra Feed Corporation: Renewable Food for Animals and Plants. *Recycling council of British Columbia*. Repéré à http://www.rcbc.ca/files/u7/RCBC2015_EnterraLeung.pdf
- Enterra Feed. (2016a). Organics diversion. *Enterra Feed, section Process – Organics diversion*. Repéré à <http://www.enterrafeed.com/process/organic-diversion/>
- Enterra Feed. (2016b). The Globe and Mail – CFIA approves farmed maggots as chicken feed in North American first. *Enterra Feed, section Media*. Repéré à <http://www.enterrafeed.com/2016/07/28/the-globe-and-mail-cfia-approves-farmed-maggots-as-chicken-feed-in-north-american-first/>
- Enterra Feed. (2016c). Black Soldier Fly FAQ. *Enterra Feed, section Process – Insect Farming*. Repéré à <http://www.enterrafeed.com/process/>
- Entomo Farm. (2015a). Une ferme à insectes unique. *Entomo Farm, section À propos*. Repéré à <http://entomo.farm/entomo-farm/eleveur-insectes-france/>
- Entomo Farm. (2015b). L'entomobox. *Entomo Farm, section Système industriel de production*. Repéré à <http://entomo.farm/entomo-farm/systemes-industriels-elevage-insectes-ferme-usine/>
- Entomo Farms. (s.d.). Figures and facts. *Entomo Farms, section Future of food*. Repéré à <http://entomofarms.com/future-of-food/>
- Environnement et Changement climatique Canada. (2015). Potentiel de réchauffement planétaire. *Environnement et Changement climatique Canada, section Changements climatiques – Orientation sur la quantification des émissions de GES*. Repéré à <https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=CAD07259-1>
- Erbentraut J. (2015). Eating Bugs Has Never Been More Popular, But Will It Ever Go Mainstream? *The Huffington Post*. Repéré à http://www.huffingtonpost.com/2015/05/06/eating-bugs-mainstream_n_7206362.html

- Erens, J., Es van, S., Haverkort, F., Kapsomenou, E. et Luijben, A. (2012). *A bug's life: large-scale insect rearing in relation to animal welfare* (Projet 1052). Wageningen, Pays-Bas, Wageningen University. Repéré à <http://venik.nl/site/wp-content/uploads/2013/06/Rapport-Large-scale-insect-rearing-in-relation-to-animal-welfare.pdf>
- FAO. (2004). L'eau, l'agriculture et l'alimentation. *FAO, section Publications*. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/007/y4683f/y4683f00.HTM>
- FAO. (2006). Livestock's long shadow: environmental issues and options. *FAO, section Publications*. Repéré à <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>
- FAO. (2007). Faire face à la pénurie d'eau. *FAO, section Salle de presse – Dossiers de fond – 2007*. Repéré à <http://www.fao.org/newsroom/fr/focus/2007/1000521/index.html>
- FAO. (2008). Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. *FAO, section publication*. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/013/i1953e/i1953e00.pdf>
- FAO. (2009a). How to feed the world in 2050. *FAO, section Publications*. Repéré à http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- FAO. (2009b). Les fibres naturelles : la soie. *Naturalfibres2009, section Année internationale des fibres naturelles - 15 fibres naturelles – Soie*. Repéré à <http://naturalfibres2009.org/fr/fibres/soie.html>
- FAO. (2009c). Biodiversity and nutrition, a common path. *FAO, section Publications*. Repéré à http://www.fao.org/fileadmin/templates/food_composition/documents/upload/Interodocumento.pdf
- FAO. (2009d). 2050 : 2,3 milliards de bouches de plus à nourrir. *FAO, section Médias – Nouvelles*. Repéré à <http://www.fao.org/news/story/fr/item/35656/icode/>
- FAO. (2014). Insectes comestibles: Perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale. *FAO, section Publications*. Repéré à <http://www.fao.org/3/a-i3253f.pdf>
- Finke, M.D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, 26(2), 105–115. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/24272034_Estimate_of_chitin_in_raw_whole_Insects
- Francoeur, L.-G. (2010, 23 octobre). Quand la chaleur humaine remplace le chauffage. *Le devoir*. Repéré à <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/298692/quand-la-chaleur-humaine-remplace-le-chauffage>
- Fraval, A. et d'Aguilar, J. (2004). *Glossaire entomologique*. France, Delachaux et Niestlé.
- Ghazoul, J. (2006). *Mopane woodlands and the mopane worm: enhancing rural livelihoods and resource sustainability*. (Final technical report). Repéré à <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08c42e5274a31e00010da/R7822-FTR.pdf>
- GIEC. (2013). Changements climatiques 2013 – Les éléments scientifiques : résumé à l'intention des décideurs. *GIEC, section Activités*. Repéré à https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf
- Glew, R.H., Jackson, D., Sena, L., VanderJagt, D.J., Pastuszyn, A., et Millson, M. (1999). *Gonimbrasia belina* (Lepidoptera: Saturniidae), a nutritional food source rich in protein, fatty acids and minerals. *American Entomologist*, 45(4), 250–253. Repéré à <http://ae.oxfordjournals.org/content/ae/45/4/250.full.pdf>

- Goldin, J. (2016). Advances in the scaling of human grade edible insect farming. *XXV International Congress of Entomology*, Orlando, FL.
- Gomez, P.A., Halut, R. et Collin, A. (1961). Production de protéines animales au Congo. *Bulletin Agricole du Congo*, 52(4), 689–786.
- Gon, S.M., et Price, E.O. (1984). Invertebrate domestication: behavioral considerations. *BioScience*, 34(9), 575–579. Repéré à <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/34/9/575/275614/Invertebrate-Domestication-Behavioral?cited-by=yes134/9/575>
- Hackstein, J.H. et Stumm, C.K. (1994). Methane production in terrestrial arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(12), 5441–5445. Repéré à <http://www.pnas.org/content/91/12/5441.full.pdf>
- Halloran, A., Roos, N., Eilenberg, J. et Bruun, S. (2016). Life cycle assessment of edible insects for food protein: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(57). Repéré à https://www.researchgate.net/publication/308889135_Life_cycle_assessment_of_edible_insects_for_food_protein_A_review
- Hanboonsong, Y., Jamjanya T. et B. Durst P. (2013). Six-legged livestock: edible insect farming, collecting and marketing in Thailand. *FAO, section Publications*. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/017/i3246e/i3246e.pdf>
- Haricot. (s.d.). À propos. *Haricot, section À propos*. Repéré à <http://www.haricot.ca/page/about>
- Havas Worldwide. (2016). Eaters digest: The futur of food. *The mag, section Ideas*. Repéré à <http://mag.havasww.com/prosumer-report/eaters-digest/>
- Hydro-Québec. (2003). Comparaison des options de production d'électricité. *Hydro-Québec, section Développement durable – Documentation spécialisée*. Repéré à http://www.hydroquebec.com/developpement-durable/pdf/pop_01_06.pdf
- INSPQ. (2015). L'alimentation des Premières Nations et des Inuits au Québec. *INSPQ, section Nos productions – Santé des autochtones*. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/2054_alimentation_premieres_nations_inuits.pdf
- Institut de biomimétisme francophone. (s.d.) Biomimétisme. *Institut de biomimétisme francophone, section biomimétisme*. Repéré à <http://www.biomimetisme.ca/index.php/biomimetisme>
- Johnson, D.V. (2010). The contribution of edible forest insects to human nutrition and to forest management. Dans Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N. et Shono, K. (dir.), *Edible forest insects, Humans bite back* (p.5-22). Bangkok, Thaïlande, Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/012/i1380e/i1380e00.pdf>
- Jongema, Y. (2015). Liste of edible insects in the world (June 1, 2015). *Wageninen University & Research, section Expertise and services – Chair group – Plant sciences*. Repéré à <http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>
- Kandall, A., Marvinney, E., Brodt, S., Zhu, W. et Yuan, J. (2011). Greenhouse Gas and Energy Footprint (Life Cycle Assessment) of California Almond Production. *Almond Board of California, section Newsroom*. Repéré à <http://almondboard.com/PR/A.2011.11-AIR8-Kendall.Kendall.Greenhouse%20Gas%20and%20Energy%20Footprint.pdf>
- Kellert, S.R. (1993). Values and perceptions of invertebrates. *Conservation Biology*, 7(4), 845–855. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/227673050_Values_and_Perceptions_of_Invertebrates

- Kok, R. (1983). The production of insects for human food. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 16(1), 5–18. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/257166792_The_Production_of_Insects_for_Human_Food?_sg=7921LI6AVMCwei28WLiTDqwqWP8g47xJYYLtsqT8mYNizhvckvB2TtHzJUQ8HgExlcLEablJNRXrIU4z3qevrQ
- Lähteenmäki-Uutela, L. A., Grmelová, N., Hénault-Ethier, L., Deschamps, M.-H., Vandenberg, G. W., Zhao, A.,... Nemane, V. (2017). *Insects as Food and Feed: Laws of the European Union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China. European Food and Feed Law*. (1): 1-15.
- Larousse. (s.d.a). Cuticule. *Larousse, section Dictionnaire de français*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/cuticule/21202?q=cuticule#21078>
- Larousse. (s.d.b). Endogène. *Larousse, section Dictionnaire de français*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/endog%C3%A8ne/29340?q=endog%C3%A8ne#29218>
- Larousse. (s.d.c). Exosquelette. *Larousse, section Dictionnaire de français*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/exosquelette/32197?q=exosquelette#32117>
- Larousse. (s.d.d). Exuvie. *Larousse, section Dictionnaire de français*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/exuvie/32527?q=exuvie#32443>
- Larousse. (s.d.e). Hygrométrie. *Larousse, section Dictionnaire de français*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/hygrom%C3%A9trie/40934?q=hygrom%C3%A9trie#40841>
- Larousse. (s.d.f). Innocuité. *Larousse, section Dictionnaire de français*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/innocuit%C3%A9/43189?q=innocuit%C3%A9#43091>
- Larousse. (s.d.g). Ontogénie. *Larousse, section Dictionnaire de français*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ontogen%C3%A8se/56065?q=ontog%C3%A9nie#55715>
- Larousse. (s.d.h). Poïkilotherme. *Larousse, section Dictionnaire de français*. Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/p%C5%93cilotherme/61950?q=poikilotherme#61251>
- Larvatría. (2015). Investissements responsables. *Larvatría, section Investisseurs*. Repéré à <http://larvatría.com/index.php/12-investors/>
- Lavalette, M. (2013). *Les insectes : une nouvelle ressource en protéines pour l'alimentation humaine* (Thèse de doctorat, Université de Lorraine, Nancy, France). Repéré à http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUPHA_T_2013_LAVALLETTE_MARIE.pdf
- Lesnik, J. (2016). Why don't we eat bugs in Western culture: The anthropology perspective. XXV *International Congress of Entomology*, Orlando, FL.
- Li, L., Zhao, Z. et Liu, H. (2013). Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica*, 92(1), 103-109. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/260729342_Feasibility_of_feeding_yellow_mealworm_Tenebrio_molitor_L_in_bioregenerative_life_support_systems_as_a_source_of_animal_protein_for_humans

- Librairie Flammarion et cie. (1982). Imago. *Office québécois de la langue française, section Grand dictionnaire terminologique*. Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8441922
- Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation L.R.C. (1985), ch. C-38
- Loi sur les aliments et drogues L.R.C. (1985), ch. F-27
- Loi sur les producteurs agricoles L.R.Q. c. P-28
- Loi sur les produits alimentaires L.R.Q, c. P-29
- Looy, H. et Wood, J.R. (2006). Attitudes toward invertebrates: are educational "bug banquets" effective? *The Journal of Environmental Education*, 37(2), 37–48. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/254345057_Atitudes_Toward_Invertebrates_Are_Educational_Bug_Banquets_Effective
- Louey Yen, A. (2010). Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects. Dans Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N. et Shono, K. (dir.), *Edible forest insects, Humans bite back* (p.65-84). Bangkok, Thaïlande, Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/012/i1380e/i1380e00.pdf>
- MAPAQ. (2009). Étude de la dynamique des tendances des marchés au sein du secteur agroalimentaire du Québec. *MAPAQ, section Publications*. Repéré à http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Etude_tendances_TRANSAQ_2009_5.pdf
- MAPAQ. (2015). Bottin statistique de l'alimentation, édition 2015. *MAPAQ, section Publications – Bottin statistique*. Repéré à http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Bottin_Statistique2015.pdf
- MAPAQ. (2015). Établissements totalement exemptés et établissements ou personnes partiellement exemptés – Formation en hygiène et salubrité. *MAPAQ, section Transformation alimentaire – Qualité des aliments – Formation obligatoire en hygiène et salubrité*. Repéré à <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Transformation/Qualitedesaliments/Hygienesalubrite/faq/etablissementsexemptes/Pages/etablissementsexemptes.aspx#question1>
- MAPAQ. (2016a). Des actions pour le présent, une vision pour l'avenir. *MAPAQ, section Ministre et ministère*. Repéré à <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Ministere/Pages/accueil.aspx>
- MAPAQ. (2016). Permis de restauration et de vente au détail. *MAPAQ, section Transformation et distribution alimentaire*. Repéré à <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Transformation/md/Permis/Pages/prepvente.aspx>
- MAMOT. (2010). Outils de réglementation - Règlement de zonage. *MAMOT, section Aménagement du territoire – Réglementation*. Repéré à <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/guide-la-prise-de-decision-en-urbanisme/reglementation/reglement-de-zonage/>
- McWilliams, J. (2014). If Vegans Replaced Plants With Insects, They'd Harm Fewer Animals. *The Huffington Post*. Repéré à http://www.huffingtonpost.com/2014/11/14/vegans-eat-insects_n_6153476.html
- MDDELCC. (2016). Politique québécoise de gestion des matières résiduelles : Plan d'action 2011-2015. *MDDELCC, section Matières résiduelles – Politique québécoise*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/plan-action.pdf>
- Métronews. (2015, 31 mai). Micronutris lance une campagne de financement participatif – La société toulousaine spécialisée dans les produits alimentaires à base d'insectes, souhaite lever 500 000 euros pour accroître sa capacité de production et étoffer sa gamme. *LCI*. Repéré à <http://www.lci.fr/france/micronutris-lance-une-campagne-de-financement-participatif-1523305.html>

- Meyer-Rochow, V.B. (1979). The diverse uses of insects in traditional societies. *Ethnomedicine*, 5, 287–300.
- Micronutris. (2015). Un insecte Micronutris pour l'équivalent de bœuf c'est. *Micronutris, section Nos insectes*. Repéré à <http://www.micronutris.com/fr/nos-insectes>
- Mignon, J. (2002). L'entomophagie, une question de culture? *Tropicultura*, 20(3), 151-155. Repéré à http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/27823/1/Mignon_Tropicultura.pdf
- Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. (2012). Les insectes. *Ministère de l'environnement de l'énergie et de la mer, section L'essentiel sur... - Environnement – Faune et flore*. Repéré à <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/259/1115/insectes.html>
- Musée canadien de l'histoire. (s.d.). Alimentation. *Musée canadien de l'histoire, section Musée virtuel de la Nouvelle-France – Entrez dans le musée virtuel*. Repéré à <http://www.museedelhistoire.ca/musee-virtuel-de-la-nouvelle-france/vie-quotidienne/alimentation/>
- NAEIC. (2016). Mission statement. *NAEIC, section Mission*. Repéré à <http://www.edibleinsectcoalition.org/mission/>
- Nakagaki, B.J. et DeFoliart, G.R. (1991). Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84(3): 891–896. Repéré à http://labs.russell.wisc.edu/insectsasfood/files/2012/09/12_ComparDietsLvstk.pdf
- Nathan Allen, R. (2016). Transparency in the fledgling insects for food and feed industry: How open source philosophy could sink or save the entomophagy movement. *XXV International Congress of Entomology*, Orlando, FL.
- Neely, G.G., Keene, A.C., Duchek, P., Chang, E.C., Wang, Q.P., Aksoy, Y.A.,... Penninger, J.M. (2011). TrpA1 regulates thermal nociception in *Drosophila*. *PLoS One*, 6(8), e24343. Repéré à <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0024343>
- Nkouka, E. (1987). Les insectes comestibles dans les sociétés d'Afrique centrale. *Revue scientifique et culturelle du CICIBA Muntu*, 6(1), 171–178.
- Normandin, E. (2015). La Ferme d'Insectes. *Bulletin de la Société d'Entomologie du Québec*, 23(1). Repéré à http://seq.qc.ca/antennae/archives/Antennae_vol23_no1.pdf
- Office québécois de la langue française. (1990). Pupe. *Office québécois de la langue française, section Grand dictionnaire terminologique*. Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=17023576
- Office québécois de la langue française. (1998). Méthanogène. *Office québécois de la langue française, section Grand dictionnaire terminologique*. Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=17012907
- Office québécois de la langue française. (1999). Nociception. *Office québécois de la langue française, section Grand dictionnaire terminologique*. Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8382988
- Oonincx, D.G.A.B. et de Boer, I.J.M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans: a life cycle assessment. *PLoS ONE*, 7(12), e51145. Repéré à <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0051145>

- Oonincx, D.G.A.B., van Isterbeeck, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J. et van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One*, 5(12), e14445. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>
- OPIE. (2016). Une question sur les insectes? OPIE, section *Foire aux questions – Papillons*. Repéré à http://www.insectes.org/insectes/questions-reponses.html?id_quest=858
- Paoletti, M.G., Norberto, L., Damini, R. et Musumeci, S. (2007). Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51(3), 244–251. Repéré à <http://www.bio.unipd.it/agroecology/download/pdf/papers/2007/Chitinase%20in%20gastric%20juices.pdf>
- Parent, M.-J. (2016a, septembre). Et si on produisait des insectes? *Le Bulletin des agriculteurs*. Repéré à http://static.lebulletin.com/wp-content/uploads/2016/09/LBU160901.pdf#_ga=1.153953400.1122026927.1484594087
- Parent, M.-J. (2016b, 12 septembre). Mangeriez-vous des insectes? *Le Bulletin des agriculteurs*. Repéré à <http://www.lebulletin.com/elevage/mangeriez-vous-des-insectes-81108>
- Pelletier, N., Tyedmers, P., Sonesson, U., Scholz, A., Ziegler, F., Flysjo, A.,... Silverman, H. (2009). Not All Salmon Are Created Equal: Life Cycle Assessment (LCA) of Global Salmon Farming Systems. *Environmental science & technology*, 43, 8730–8736. Repéré à <http://www.engr.uvic.ca/~ndjilali/Pelletier%20et%20al-Salmon%20LCA-2009.pdf>
- Petit, M.-P., Morrisette, L. et Bourhis, A. (2014). Portrait du secteur des magasins d'alimentation du Québec. *Revue internationale de cas de gestion*, 12(1). Repéré à http://ernest.hec.ca/pedagogie/grh/gerer_une_epicerie/ressources/contexte_Portrait_secteur.pdf
- Phillips, J.K. et Burkholder, W.E. (1995). Allergies related to food insect production and consumption. *The Food Insects Newsletter*, 8(2), 1, 2–4. Repéré à http://www.hollowtop.com/finl_html/allergies.htm
- Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E.,... Nandagopal, S. (2004). Water resources: agricultural and environmental issues. *BioScience*, 54(10), 909–918. Repéré à <https://academic.oup.com/bioscience/article/54/10/909/230205/Water-Resources-Agricultural-and-Environmental>
- Pimentel, D., Dritschilo, W., Krummel, J. et Kutzman, J. (1975). Energy and land constraints in food protein production. *Science*, 190 (4216), 754–761. Repéré à <http://science.sciencemag.org/content/190/4216/754>
- Pimentel, D. et Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 660S–663S. Repéré à <http://ajcn.nutrition.org/content/78/3/660S.full>
- Pimentel, D. (1991). Ethanol fuels: Energy security, economics and the environment. *Journal of Agriculture and environment ethics*, 4(1), 1–13. Repéré à <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02229143>
- Powlik, S. (2015). Enterra Feed Corporation. *SandyPowlik*. Repéré à <https://sandypowlik.wordpress.com/2015/02/02/enterra-feed-corporation/>
- Programme alimentaire mondial. (2011). Lutter contre la faim dans le monde. *Programme alimentaire mondial, section Publications*. Repéré à <http://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/communications/wfp229438.pdf>

- Ramandey, E. et Van Mastrigt, H. (2010). Edible insects in Papua, Indonesia: from delicious snack to basic need. Dans Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N. et Shono, K. (dir.), *Edible forest insects, Humans bite back* (p.105-114). Bangkok, Thaïlande, Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/012/i1380e/i1380e00.pdf>
- Ramos Elorduy, J. (1997). The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(5), 347–366. Repéré à <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.1997.9991524>
- Ramos Elorduy, J. (2009). Anthro-po-entomophagy: cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5), 271–288. Repéré à <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x/full>
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J.M.P., Escamilla Prado, E., Alvarado Perez, M., Lagunez Otero, J. et Ladron de Guevara, O. (1997). Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 142-157. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/248579892_Nutritional_Value_of_Edible_Insects_from_the_State_of_Oaxaca_Mexico
- Ramos Elorduy, J., Pino, J. M. et Martínez, V.H.C. (2009). Edible aquatic Coleoptera of the world with an emphasis on Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5(11). Repéré à https://pdfs.semanticscholar.org/a977/bc0815481b37e7b300ac84d9d3ae92eaf0a8.pdf?_ga=1.167103097.614441459.1484602302
- Rastogi, N. (2011). Provisioning services from ants: food and pharmaceuticals. *Asian Myrmecology*, 3(1), 103–120. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/258606668_Provisioning_services_from_ants_Food_and_pharmaceuticals
- Recyc-Québec. (2016). Plan d'action 2016-2017 : Comité mixte sur la réduction à la source. *Recyc-Québec, section À propos de Recyc-Québec – Comités et tables de travail – Comité mixte sur la réduction à la source*. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/plan-action-comite-mixte-2016-2017.pdf>
- Règlement sur les aliments R.R.Q., c. P-29, r. 1
- Règlement sur les aliments et drogues C.R.C. ch. 870
- Roffeis, M., Muys, B., Almeida, J., Mathijs, E., Achten, W.M.J., Pastor, B.,...Rojo, S. (2015). Pig manure treatment with housefly (*Musca domestica*) rearing – an environmental life cycle assessment. *Journal of insects as food and feed*, 1(3), 195-204. Repéré à <http://www.wageningenacademic.com/doi/10.3920/JIFF2014.0021>
- Rowe, M. (animateur). (2010). Cricket farmer [Épisode]. *Dirty Jobs*. Augusta, GA : Discovery Channel.
- Rumpold, B.A. et Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57(3), 802-823. Repéré à <https://fr.scribd.com/doc/201366098/Rumpold-B-a-Nutritional-Composition-and-Safety-Aspects-of-Edible-Insects-2013>
- Saeed, T., Abu Dagga, F. et Saraf, M. (1993). Analysis of residual pesticides present in edible locusts captured in Kuwait. *Arab Gulf Journal of Scientific Research* 11(1), 1-5. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/216485054_Analysis_of_residual_pesticides_present_in_edible_locusts_captured_in_Kuwait

- Salomone, R., Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S. et Savastano, D. (2016). Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production*, 140(2), 890-905. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616308411>
- Santé Canada. (2006). Lignes directrices sur l'évaluation de l'innocuité des aliments nouveaux. *Santé Canada, section Aliments et nutrition – Législation et lignes directrice – Document de référence - Lignes directrices sur l'évaluation de l'innocuité des aliments nouveaux dérivés des végétaux et des microorganismes*. Repéré à <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/legislation/guide-ld/nf-an/guidelines-lignesdirectrices-fra.php>
- Santé Canada. (2007). Section des aliments nouveaux. *Santé Canada, section À propos de Santé Canada – Direction générale et agence – Direction générale des produits de santé et des aliments*. Repéré à <http://www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/branch-dirgen/hpfb-dgpsa/fd-da/bmh-bdm/fns-sam-fra.php>
- Santé Canada. (2016a). Fichier canadien sur les éléments nutritifs (FCÉN) - Recherche par aliment. *Santé Canada, section Aliments et nutrition – Nutrition et saine alimentation*. Repéré à <https://aliments-nutrition.canada.ca/cnf-fce/index-fra.jsp>
- Santé Canada. (2016b). Aliments génétiquement modifiés et autres aliments nouveaux. *Santé Canada, section Aliments et nutrition*. Repéré à <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/gmf-agm/index-fra.php>
- Santos Oliveira, J. F., Passos de Carvalho, J., Bruno de Sousa, R.F.X. et Madalena Simao, M. (1976). The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. *Ecology of Food and Nutrition*, 5, 91–97. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/254229350_The_nutritional_value_of_four_species_of_insects_consumed_in_Angola
- Savoie D. (2014). Les Québécois encore frileux à l'idée de manger des insectes. *Radio-Canada*. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/nouvelles/societe/2014/07/22/001-insectes-entomophagie-nourriture-elevage-consommation-humaine.shtml>
- Séré de Lanauze, G. (2015). L'adoption d'un produit alimentaire nouveau face à des freins culturels forts : le cas de l'entomophagie en France. *Décision Marketing*, 79, 15-33. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/282731452_L%27adoption_d%27un_produit_alimentaire_nouveau_face_a_des_freins_culturels_forts_le_cas_de_l%27entomophagie_en_France
- Shear, W.A. et Kukalová-Peck, J. (1990). The ecology of Paleozoic terrestrial arthropods: the fossil evidence. *Canadian Journal of Zoology*, 68(9), 1807–1834. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/249540542_The_ecology_of_Paleozoic_terrestrial_arthropods_the_fossil_evidence
- Shockley, M. et Munoz, A. (2016). Cultural and economic uses of insects in Oaxaca, Mexico. XXV *International Congress of Entomology*, Orlando, FL.
- Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K.A., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A. et Jędras, M. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agricultural Sciences*, 04(06), 287-291. Repéré à http://file.scirp.org/pdf/AS_2013062709073464.pdf
- Sirimungkararat, S., Saksirirat, W., Nopparat, T. et Natongkham, A. (2010). Edible products from eri silkworm (*Samia ricini* D.) and mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) in Thailand. Dans Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N. et Shono, K. (dir.), *Edible forest insects, Humans bite back* (p.189-200). Bangkok, Thaïlande, Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/012/i1380e/i1380e00.pdf>

- Smetana, S., Mathys, A., Knoch, A. et Heinz, V. (2015). Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(9), 1254-1267. Repéré à <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-015-0931-6>
- Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A. et Heinz, V. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 137, 741-751. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616310447>
- Smid, H. (s.d.). dr. HM (Hans) Smid. *Wageningen University & Research, section Research and results*. Repéré à <http://www.wur.nl/en/Persons/Hans-Smid.htm>
- Smil, V. (2002). Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology*, 30(3), 305-311. Repéré à http://home.cc.umanitoba.ca/~vsmil/pdf_pubs/enzme1.pdf
- Smith, A. et MacKinnon, J.B. (2007). *The 100-mile diet*. Vancouver, Canada: Random House.
- Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E. A., ... Jafari, M. (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). *GIEC, section Publications and data – Reports*. Repéré à http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf
- Société d'entomologie du Québec (s.d.). Des acteurs aux multiples talents. *SEQ, section Activités – Feuilles d'activités sur les insectes*. Repéré à <http://www.seq.qc.ca/activites/feuilles/f5.htm>
- Sorkin, L.N. (2016). Insect allergy? No, not from bites and stings this time. *XXV International Congress of Entomology*, Orlando, FL.
- Srivastava, SK., Babu, N. et Pandey, H. (2009). Traditional insect bioprospecting - As human food and medicine. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 8(4), 485-494. Repéré à <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/6263/1/IJTK%208%284%29%20485-494.pdf>
- Statistique Canada. (2014). Enquête sur les dépenses des ménages, 2012. *Statistique Canada, section Parcourir par sujet*. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/140129/dq140129a-fra.htm>
- Statistique Canada. (2015). Faits saillants. *Statistique Canada, section Publications – L'activité humaine et l'environnement*. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/2014000/aftertoc-aprestdm1-fra.htm>
- Statistique Canada. (2016a). Section 3 – La demande d'eau au Canada. *Statistique Canada, section Publications – L'activité humaine et l'environnement*. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/2010000/part-partie3-fra.htm>
- Statistique Canada. (2016b). Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) Canada 2012. *Statistique Canada, section Définitions, sources de données et méthodes – Classification statistique*. Repéré à http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3VD_f.pl?Function=getVD&TVD=118464&CVD=118468&CPV=11299&CST=01012012&CLV=4&MLV=5
- Thistlethwaite R. (2014, 3 décembre). Why Is There Fish in Pig and Poultry Feed? *Food Politic: Journal of Food News and Culture*. Repéré à <http://www.foodpolitic.com/why-is-there-fish-in-pig-and-poultry-feed/>
- Thompson R.J. (2015). Bitty Flour Offers The Most Delicious Way To Eat Crickets. *The Huffington Post*. Repéré à http://www.huffingtonpost.com/2015/04/23/bitty-cricket-flour-wait-what_n_7129722.html
- Tiny Farms. (s.d.). Insects industry. *Tiny Farms*. Repéré à <http://www.tiny-farms.com/>

- Tommaseo Ponzetta, M. et Paoletti, M.G. (1997). Insects as food of the Irian Jaya populations. *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 321–346. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/254230146_Insects_as_food_of_the_Irian_Jaya_populations
- van Huis, A. (2003). Insects as food in Sub-Saharan Africa. *Insect Science and its Application*, 23(3): 163–185. Repéré à <http://ag.udel.edu/delpha/4434.pdf>
- van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual review of Entomology*, 58(1), 563–583. Repéré à <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- van Zanten, H.H.E., Mollenhorst, H., Oonincx, D.G.A.B., Bikker, P., Meerburg, B.G. et de Boer, I.J.M. (2015). From environmental nuisance to environmental opportunity: housefly larvae convert waste to livestock feed. *Journal of Cleaner Production*, 102(1), 362–369. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/308889135_Life_cycle_assessment_of_edible_insects_for_food_protein_A_review
- Vane-Wright, D. (1991). Why not eat insects? *Bulletin of Entomological Research*, 81,1–4. https://www.researchgate.net/publication/231873437_Why_Not_Eat_Insects
- Verhoeckx, K., van Broekhoven, S., Gaspari, M., de Hartog-Jager, S., de Jong, G., Wichers, H.,... Knulst, A. (2013). House dust mite (Derp 10) and crustacean allergic patients may be at risk when consuming food containing mealworms proteins. *Clinical and Translational Allergy*, 3 (Suppl. 3), 48. Repéré à <http://ctajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/2045-7022-3-S3-P48>
- Verkerk, M.C., Tramper, J., van Trijp, J.C.M. et Martens, D.E. (2007). Insect cells for human food. *Biotechnology Advances* 25(2), 198-202. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/6603971_Insect_cells_for_human_food
- Vijver, M., Jager, T., Posthuma, L. et Peijnenburg, W. (2003). Metal uptake from soils and soilsediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 54(3), 277-89. Repéré à http://www.academia.edu/7741410/Metal_uptake_from_soils_and_soil_sediment_mixtures_by_larvae_of_Tenebrio_molitor_L._Coleoptera
- WiSEED. (2015). Micronutris. *WiSEED, section Tous les projets – projets finances*. Repéré à <https://www.wiseed.com/fr/startups/micronutris>
- Wright L.T., Nancarrow C. et Kwok P.M.H. (2001). Case study : Food Taste preferences and cultural influences on consumption. *British Food Journal*, 103(5), 348-357. Repéré à <http://www1.geo.ntnu.edu.tw/~moise/Data/Books/Economical/03%20retail%20geography/r02.pdf>
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z. et Zhiyong, C. (2010). Review of the nutritive value of edible insects. Dans Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N. et Shono, K. (dir.), *Edible forest insects, Humans bite back* (p.85-92). Bangkok, Thaïlande, Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/012/i1380e/i1380e00.pdf>
- Yen, A.L., Hanboonsong, Y. et van Huis, A. (2013). The role of edible insects in human recreation and tourism. Dans R.H. Lemelin (dir), *The management of insects in recreation and tourism* (p. 169–185). Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- Ynsect. (2016a). Nutrition des plantes. *Ynsect*. Repéré à <http://www.ynsect.com/>
- Ynsect. (2016b). Notre histoire. *Ynsect*. Repéré à <http://www.ynsect.com/>
- Zaremski, A., Fouquet, D. et Louppe, D. (2009). *Les termites dans le monde*. France, Quæ.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence France-Presse. (2013, 14 mai). «Élevez et mangez des insectes» : La FAO lance un programme pour encourager l'élevage à grande échelle. *Le Devoir*. Repéré à <http://www.ledevoir.com/international/actualites-internationales/378119/elevez-et-mangez-des-insectes>
- Bellefleur, N. (2015, 26 octobre). Tarzan Nutrition : Entre insectes et entrepreneuriat. *L'Intérêt*. Repéré à <http://www.journalinteret.com/tarzan-nutrition-entre-insectes-entrepreneuriat/>
- Bermudez Liévano, A. et Monde. (12 août, 2011). « Pour éviter la famine, mangeons des insectes ». *Les Observateurs*. Repéré à <http://observers.france24.com/fr/20110812-monde-onu-fao-insecte-famine-cuisine-nourriture-alternative-culture-developpement-durable-proteine>
- Bérubé, S. (2017, 8 janvier). Le grillon, viande d'avenir. *La Presse*. Repéré à http://plus.lapresse.ca/screens/07707379-bb37-48ce-b0ed-b0ae3005f0ae%7C_0.html
- Bouchard, J. (2006, 22 janvier). Dans une assiette près de chez vous : les insectes comestibles. *Radio-Canada*. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/regions/ontario/2016/01/22/007-insecte-cuisine-recette-proteine-summerhill-entomo.shtml>
- Breteau, P. (2013, 18 mai). Pourquoi nous mangerons tous des insectes en 2050. *Slate*. Repéré à <http://www.slate.fr/story/72403/alimentation-insectes-2050>
- Chakravorty, J., Sampat, G. et Meyer-Rochow, V.B. (2013). Comparative Survey of Entomophagy and Entomotherapeutic Practices in Six Tribes of Eastern Arunachal Pradesh. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9(50). Repéré à <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-4269-9-50>
- Chung, J. (2016, 12 août). South Korea looks to generate buzz for edible insects. *Reuters*. Repéré à <http://uk.reuters.com/article/us-southkorea-insects-idUKKCN10N02Q>
- Daley, C.A., Abbott, A., Doyle, P.S., Nader, G.A. et Larson, S. (2009). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9(10). Repéré à <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-9-10>
- Dumont, M.-E. (2015, 28 décembre). Les insectes envahissent...votre assiette. *Le Journal de Montréal*. Repéré à <http://www.journaldemontreal.com/2015/12/28/les-insectes-envahissent-votre-assiette>
- FAO. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33. Repéré à <http://www.fao.org/3/a-au189e.pdf>
- L. M.-J. (2013, 20 août). Les insectes comestibles, une filière d'avenir pour la France. *Les Echos*. Repéré à http://www.lesechos.fr/20/08/2013/LesEchos/21503-066-ECH_les-insectes-comestibles--une-filiere-d-avenir-pour-la-france.htm
- Lesnik, J. (s.d.). Julie J. Lesnik, PhD. *Entomophagy anthropology, section About Julie*. Repéré à <http://www.entomoanthro.org/about-julie.html>
- Matthews, C. (2016, 3 janvier). Bugs on the menu in Ghana as palm weevil protein hits the pan. *Theguardian*. Repéré à <https://www.theguardian.com/global-development/2016/jan/03/bugs-eat-insects-palm-weevils-ghana-protein>

Ouatif, B. (2015, 25 mars). Des repas à base d'insectes dans les assiettes de l'Université de Winnipeg. *Radio-Canada*. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/regions/manitoba/2015/03/25/004-repas-insectes-comestibles-entomophagie-universite-winnipeg-grillons-tenebrions.shtml>

Réseau Entreprises Canada. (s.d.) Subventions et financement. *Entreprises Canada, section Financement*. Repéré à <http://entreprisescanada.ca/fr/financement/>

Thibault, H. (2012, 27 septembre) Des usines d'insectes pour nourrir les Chinois. *Le Monde*. Repéré à http://www.lemonde.fr/planete/article/2012/09/27/des-usines-d-insectes-pour-nourrir-les-chinois_1766371_3244.html

Watson, K. et Treanor, S. (2016, 16 septembre). Grasshoppers - the new sushi? *BBC News*. Repéré à <http://www.bbc.com/news/business-37352190>

ANNEXE 1 – RECENSEMENT DES ENTREPRISES EN LIEN AVEC L'UTILISATION D'INSECTES AU CANADA

Tableau : liste des entreprises canadiennes

Compagnie	Localisation	Type d'insectes	Marché visé	Quel acteur?	Source
uKa inc.	Québec	Grillons	Alimentation humaine	Transformateur	https://www.ukaproteine.com/
Näak	Québec	Grillons	Alimentation humaine	Transformateur	https://naakbar.com/
La Ferme d'Insectes	Québec	Grillons et ténébrions	Alimentation humaine	Producteur et dégustateur	http://www.lafermedinsectes.com/
Virebebitte	Québec	Grillons et ténébrions	Alimentation humaine	Producteur	http://www.virebebittes.com/
Krikk (en arrêt)	Québec	Grillons	Alimentation humaine	Producteur	http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/787033/elevage-insectes-quebec-sherbrooke-grillons-virebebittes
Tarzan Nutrition (fermé)	Québec	Criquets	Alimentation humaine	Transformateur	https://www.facebook.com/tarzannutrition/
Gourmex inc.	Québec	Variés	Alimentation humaine	Importateur	http://www.gourmexinc.com/
Restaurant Ta Chido	Québec	Sauterelles	Alimentation humaine	Restaurateur	http://www.journaldemontreal.com/2015/12/28/les-insectes-envahissent-votre-assiette
Restaurant La Selva	Québec	Variés	Alimentation humaine	Restaurateur	http://www.journaldemontreal.com/2015/12/28/les-insectes-envahissent-votre-assiette
132 Bar vintage	Québec	Scorpions	Alimentation humaine	Restaurateur	http://www.journaldemontreal.com/2015/12/28/les-insectes-envahissent-votre-assiette
Crickstart Nutrition	Québec	Criquets	Alimentation humaine	Transformateur	https://crickstart.com/
Larvatria	Québec	Mouches	Alimentation animale et fertilisants	Producteur	http://www.larvatria.com/
Wilder & Harrier	Québec	Criquets	Alimentation animale	Transformateur	https://fr.wilderharrier.com/pages/about
Entomo Farms	Ontario	Grillons et ténébrions	Alimentation humaine et fertilisants	Producteur	http://entomofarms.com/
GrowHop Cricket Products	Ontario	Criquets	Alimentation humaine	Producteur	http://savourottawa.ca/growhop-cricket-farm-and-foodlab/
C-Fu Foods	Ontario	Variés	Alimentation humaine	Transformateur	http://cfufoods.com/
EntoEmporium	Ontario	ND	Alimentation humaine	Distributeur	https://twitter.com/entoemporium
Third Millenium Farming	Ontario	ND	Alimentation humaine	Producteur et transformateur	http://www.cityfarmer.info/2010/02/12/third-millennium-farming-3mf-insect-farming-in-cities/
Gryllies	Ontario	Criquets	Alimentation humaine	Transformateur	http://gryllies.com/
EntoEats	Ontario	Criquets	Alimentation humaine	Transformateur	https://ento eats.ca/
Crik Nutrition	Manitoba	Criquets	Alimentation humaine	Transformateur	https://crیکنutrition.com/

Tableau : liste des entreprises canadiennes (suite)

Compagnie	Localisation	Type d'insectes	Marché visé	Quel acteur?	Source
BonBug	Colombie-Britannique	Ténébrions, phasmes et sauterelles	Alimentation humaine	Producteur	http://www.bonbug.com/
Enterra Feed Corp	Colombie-Britannique	Mouches noires soldat	Alimentation animale et fertilisants	Producteur	http://www.enterrafeed.com/
Heilu	Colombie-Britannique	ND	Alimentation humaine	Producteur et transformateur	http://www.heilu.ca/
Ofbug	Colombie-Britannique	Mouches noires soldat et ténébrions	Alimentation animale	Producteur et transformateur	http://www.ofbug.com/
Inspro foods	Colombie-Britannique	ND	Alimentation humaine	Producteur et transformateur	http://www.insprofoods.com/
Entogen	ND	ND	Alimentation animale	Producteur	http://entogen.com/

ANNEXE 2 – LIENS VERS DES LISTES D'ENTREPRISES EN LIEN AVEC L'UTILISATION D'INSECTES PARTOUT DANS LE MONDE

Il existe plusieurs sites web où un recensement des entreprises en lien avec l'utilisation des insectes se fait. Voici trois liens intéressants relevant plusieurs centaines d'entreprises à travers le monde qui produisent, transforment, distribuent, vendent, promeuvent et représentent l'industrie des insectes.

1. <http://www.bugsolutely.com/yellow-bug-pages/>
2. <http://www.bugsfeed.com/directory>
3. <https://ilkkataponen.com/entomology-company-database/>

ANNEXE 3 – RATIO DE CONVERSION DU TÉNÉBRION MEUNIER ET DU GRILLON DOMESTIQUE SELON DIFFÉRENTES CONDITIONS

(tiré de : Halloran et al., 2016)

Species	FCR	Feed	Metamorphic state	Average temperature	Source
<i>Tenebrio molitor</i>	2.2	Mixed grains (wheat bran, oats, soy, rye, and corn supplemented with beer yeast) and carrots	Adult	Unknown (a temperature-controlled environment)	(Oonincx and de Boer, 2012)
	3.8 ± 0.63	High protein, high fat diet (60 % spent grains, 20 % beer yeast, 20 % cookie remains)	116 days ± 5.2	28 °C	(Oonincx et al., 2015)
	5.3 ± 0.81	Low-protein, high-fat diet (50 % cookie remains and 50 % bread)	191 ± 21.9	28 °C	(Oonincx et al., 2015)
<i>Acheta domesticus</i>	1.47	Poultry feed (primarily of maize and soy grain products)	33 days	29.0 ± 2.1 SD °C	(Lundy and Parrella, 2015)
	1.91	Grocery store food waste enzymatically converted into 90 % liquid fertilizer and 10 % solids	44 days	29.0 ± 2.1 SD °C	(Lundy and Parrella, 2015)
	1.65	Purina Rabbit Chow	Eighth instar	33–35 ± SD °C	(Nakagaki and Defoliart, 1991)
	1.08	Selph's cricket feed (ingredients not disclosed)	Eighth instar	33–35 ± SD °C	(Nakagaki and Defoliart, 1991)
	1.69	Human refuse diet (fruits and vegetables 34 %, rice and pasta 27 %, pork and beef meat 11 %, bread 11 %, cheese skins 11 %, yolk 6 %)	45 days	30.5 °C	(Collavo et al., 2005)
	4.5 ± 2.84	High protein, high fat (60 % spent grains, 20 % beer yeast, 20 % cookie remains)	55 ± 7.3	28 °C	(Oonincx et al., 2015)

ANNEXE 4 – APPLICATION ET OBJECTIFS DES SIX ACV EFFECTUÉS À CE JOUR SUR DES INSECTES

(tiré de : Halloran et al., 2016)

Table 1 A list of all papers from journals that present applications of life cycle assessment (LCA) in insects for food and feed production systems up to July 2016

Insect species and order	Country	Goal	Functional unit(s)	Foreground data source	Assessment method	Reference
<i>Tenebrio molitor</i> and <i>Zophobas morio</i> (Coleoptera)	Netherlands	1	Mass based (kg of fresh product and kg of edible protein)	Commercial insect producer	Ecoinvent 1.1; IPCC 2007 (GWP); characterization factors from the literature	(Oonincx and de Boer 2012)
<i>Musca domestica</i> (Diptera)	Netherlands	2	Mass based (ton of larvae meal on dry matter basis)	Experimental studies	Characterization factors from the literature; IPCC 2006 (GHG); Ecoinvent 2.0	(van Zanten et al. 2015)
<i>Musca domestica</i> (Diptera)	Slovakia, Spain	3, 4	Mass based (kg of manure dry matter)	Experimental trials	ReCiPe	(Roffeis et al. 2015)
<i>Tenebrio molitor</i> and <i>Zophobas morio</i> (Coleoptera)	Netherlands	5	Mass based (kg of product ready for consumption after assembly, processing, delivering, and frying by consumer); calorific energy content; digestible bulk protein	Literature	ReCiPe V1.08; IMPACT 2002+	(Smetana et al. 2015)
<i>Hermetia illucens</i> (Diptera)	Italy	6	Mass based (ton of food waste treated through larvae biodegradation, kg of protein and kg of lipids)	Pilot plant	CML 2 baseline 2000; IPCC 2007 (GWP)	(Salomone et al. 2016)
<i>Hermetia illucens</i> (Diptera)	Germany	7	Mass based (kg of dried defatted insect powder and kg of ready-for-consumption fresh product at processing gate)	Industrial-scale insect producer, production trials	IMPACT 2002+; Eco-indicator 99; CML; IPCC 2007; ReCiPe V1.08	(Smetana et al. 2016)

Country category considers the area in which the insect production takes place. Goals: 1 to compare the environmental impact of producing a given insect species with conventional sources of animal protein, 2 to assess the environmental impact of conventional livestock production when fed insects reared on waste products, 3 to estimate the sustainability and utility of insect-rearing techniques, 4 to assess substrate suitability, 5 to compare different meat substitutes with chicken, 6 to assess the environmental impacts of insect-based feed products fed with different waste products, and 7 to assess the environmental impacts of insect production for both food and feed on an industrial scale. As seen in the table above, each study addressed just one or two of these goals

ANNEXE 5 – LISTE DES QUESTIONS DU SONDAGE

1. Avez-vous déjà entendu parler de la pratique de manger des insectes, que l'on dénomme entomophagie?
2. À quel point pensez-vous que cette pratique est répandue dans le monde?
3. Selon vous, quels sont les avantages qui seraient liés à l'entomophagie?
4. Avez-vous déjà mangé un(des) insecte(s)?
5. Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes?
6. À quelle fréquence mangez-vous des insectes?
7. Quelle quantité d'insectes avez-vous mangé (ou mangez-vous)?
8. Seriez-vous prêt à répéter l'expérience?
9. Pour quelles raisons n'en avez-vous jamais consommé?
10. Seriez-vous prêt à essayer?
11. Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes?
12. Pour quelles raisons ne répéteriez-vous pas votre expérience?
13. Sous quelle(s) forme(s) accepteriez-vous le plus de consommer des insectes?
14. Selon quelle(s) préparation(s) accepteriez-vous de consommer des insectes?
15. Selon quelle(s) préparation(s) accepteriez-vous de consommer des insectes?
16. Si vous acceptiez de cuisiner des insectes à la maison, sous quelle(s) formes et quelle(s) préparation(s) les utiliseriez-vous?
17. Pensez-vous que les insectes pourraient constituer une source de protéines intéressante pour remplacer votre consommation de viande?
18. À quel point accepteriez-vous de manger entiers chacun des insectes suivant?
19. À quel point accepteriez-vous de manger en farine ou en poudre chacun des insectes suivant?
20. Saviez-vous qu'il existe des règlements dictant des quantités d'insectes maximales (fragments) admissibles dans les aliments disponibles sur le marché (par exemple des farines ou des fruits et légumes en conserves)?
21. Face à la présence d'insectes dans un produit alimentaire, où vous attendriez-vous à le retrouver dans le supermarché?
22. Face à la présence d'insectes dans un produit alimentaire, quelles seraient vos attentes quant à l'affichage du produit?
23. Selon vous, comment devrait-être encadré la production d'insecte pour l'alimentation humaine?
24. Préféreriez-vous que le marché des insectes offre des insectes élevés localement à des insectes élevés ailleurs (importés)?
25. Préféreriez-vous manger des espèces d'insectes natifs de votre pays de résidence (indigènes) plutôt que des insectes exotiques qui sont couramment consommés ailleurs dans le monde?
26. Mangeriez-vous des insectes disponibles dans les régions naturelles près de chez vous?
27. Si l'on pouvait élever des insectes qui habitent près de chez vous dans des conditions d'élevage contrôlées, cela augmenterait-il les chances que vous en mangiez?
28. Selon vous, avec quel type d'aliments devraient être nourris les insectes dédiés à l'alimentation des animaux ou des humains?
29. Si vous deviez vous approvisionner en insectes, quel genre de production privilégieriez-vous pour votre alimentation?
30. Quel animal d'élevage seriez-vous prêt à consommer s'il avait été nourri aux moulées d'insectes?
31. Seriez-vous prêt à remplacer l'alimentation (ou une partie de l'alimentation) de votre animal de compagnie (chien ou chat) avec des produits à base de farine d'insectes ?

32. Croyez-vous que l'entomophagie est une pratique qui pourrait prendre de l'ampleur en Amérique du Nord?
33. Vous êtes?
34. Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous?
35. Quel est le dernier niveau de scolarité que vous avez complété?
36. Quelle est votre langue maternelle?
37. Appartenez-vous à une nationalité qui consomme traditionnellement des insectes? Si oui, laquelle?
38. Dans quelle ville habitez-vous?
39. Dans quel(le) état/province habitez-vous?
40. Dans quel pays habitez-vous?
41. Quelle est votre situation actuelle?
42. Dans quelle tranche votre revenu personnel se situe-t-il?

ANNEXE 6 – LIENS VERS LES QUESTIONS, RÉPONSES ET TESTS STATISTIQUES DU SONDAGE

Le lien suivant mène à tous les documents en lien avec le sondage (le sondage même, les réponses, les matrices statistiques, les graphiques et les tests effectués) :

https://drive.google.com/open?id=0B_m0-VnAhKzGWmtYNmhsV01iZTQ

ANNEXE 7 – NOM ABRÉGÉ DES QUESTIONS DU SONDAGE POUR ANALYSE STATISTIQUE

Tableau : nom abrégé des questions du sondage

TIME	Horodateur
ANSWER_LANGUAGE	Langue
KNOW_EP	Avez-vous déjà entendu parler de la pratique de manger des insectes, que l'on dénomme entomophagie?
WIDESPREAD	À quel point pensez-vous que cette pratique est répandue dans le monde?
ALR_EAT	Avez-vous déjà mangé un(des) insecte(s)?
IMPORTANCE_NEW	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Pour essayer ou pour la nouveauté]
IMPORTANCE_KNOWTASTE	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Pour connaître le goût]
IMPORTANCE_LIKETASTE	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Parce que j'aime le goût]
IMPORTANCE_HEALTH	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Pour ma santé]
IMPORTANCE_ENV	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Pour la santé de l'environnement]
IMPORTANCE_FRIENDS	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Parce que mon entourage (amis, famille, collègues de travail) a essayé]
IMPORTANCE_CHALLENGE	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Parce qu'on m'a défié d'en manger]
IMPORTANCE_NOTICE	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Pour me faire remarquer]
IMPORTANCE_LIE	Lorsque vous avez consommé des insectes, quel niveau d'importance avez-vous alloué à chacune des raisons suivantes? [Parce que quelqu'un m'a menti sur les ingrédients d'un aliment]
FREQUENCE	À quelle fréquence mangez-vous des insectes?
AMOUNT	Quelle quantité d'insectes avez-vous mangé (ou mangez-vous)?
TRY_AGAIN	Seriez-vous prêt à répéter l'expérience?
WHY_LOOK	Pour quelles raisons n'en avez-vous jamais consommé? Apparence
WHY_TEXTURE	Texture
WHY_TASTE	Goût
WHY_AVAILABILITY	Disponibilité
WHY_PRICE	Prix
WHY_STANDARDS	Normes
WHY_DISEASE	Maladies
WHY_CULTURE	Culture
WHY_SOURCE	Provenance
WHY_NEWTHING	Nouveauté
TRY	Seriez-vous prêt à essayer?
TRYIMP_TRY	Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes? [Pour essayer ou pour la nouveauté]
TRYIMP_TASTE	Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes? [Pour connaître le goût]
TRYIMP_HEALTH	Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes? [Pour ma santé]
TRYIMP_ENV	Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes? [Pour la santé de l'environnement]
TRYIMP_FRIENDS	Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes? [Parce que mon entourage (amis, famille, collègues de travail) a essayé]
TRYIMP_NOTICE	Quel est le niveau d'importance alloué à chacune des raisons suivantes pouvant faire en sorte que vous essayeriez de consommer des insectes? [Pour me faire remarquer]
WHYNOT_LOOK	Pour quelles raisons ne répéteriez-vous pas votre expérience? Apparence
WHYNOT_TEXTURE	Texture
WHYNOT_TASTE	Goût
WHYNOT_AVAILABILITY	Disponibilité
WHYNOT_PRICE	Prix
WHYNOT_STANDARDS	Normes
WHYNOT_DISEASE	Maladies
WHYNOT_CULTURE	Culture
WHYNOT_SOURCE	Provenance
WHYNOT_NEWTHING	Nouveauté
FORM_NONE	Sous quelle(s) forme(s) accepteriez-vous le plus de consommer des insectes? Aucune
FORM_CRUSHED	Broyés
FORM_POWDER	Farine ou poudre
FROM_WHOLE	Entiers
PREP_NON	Selon quelle(s) préparation(s) accepteriez-vous de consommer des insectes? Aucune
PREP_FRESH	Frais
PREP_BOILED	Bouillis
PREP_GRILLED	Grillés ou sautés
PREP_VISIBLE	Visible
PREP_INVISIBLE	Invisible
ALTERNATIVE_PROTEIN	Pensez-vous que les insectes pourraient constituer une source de protéines intéressante pour remplacer votre consommation de viande?

Tableau : nom abrégé des questions du sondage (suite)

WHOLE_CRICKET	À quel point accepteriez-vous de manger entiers chacun des insectes suivant? [1. Ceux qui ressemblent aux sauterelles et aux grillons]
WHOLE_ANT	À quel point accepteriez-vous de manger entiers chacun des insectes suivant? [2. Ceux qui ressemblent aux fourmis]
WHOLE_GIANTBUG	À quel point accepteriez-vous de manger entiers chacun des insectes suivant? [3. Ceux qui ressemblent aux punaises (punaise d'eau géante)]
WHOLE_GRUB	À quel point accepteriez-vous de manger entiers chacun des insectes suivant? [4. Ceux qui ressemblent aux chenilles de papillons]
WHOLE_LARVAE	À quel point accepteriez-vous de manger entiers chacun des insectes suivant? [5. Ceux qui ressemblent aux larves de scarabés (ténébrions)]
WHOLE_FLY	À quel point accepteriez-vous de manger entiers chacun des insectes suivant? [6. Ceux qui ressemblent aux larves de mouches (asticots)]
WHOLE_BEE	À quel point accepteriez-vous de manger entiers chacun des insectes suivant? [7. Ceux qui ressemblent aux larves d'abeilles]
FLOUR_CRICKET	À quel point accepteriez-vous de manger en farine ou en poudre chacun des insectes suivant? [1. Ceux qui ressemblent aux sauterelles et aux grillons]
FLOUR_ANT	À quel point accepteriez-vous de manger en farine ou en poudre chacun des insectes suivant? [2. Ceux qui ressemblent aux fourmis]
FLOUR_GIANTBUG	À quel point accepteriez-vous de manger en farine ou en poudre chacun des insectes suivant? [3. Ceux qui ressemblent aux punaises (punaise d'eau géante)]
FLOUR_GRUB	À quel point accepteriez-vous de manger en farine ou en poudre chacun des insectes suivant? [4. Ceux qui ressemblent aux chenilles de papillons]
FLOUR_LARVAE	À quel point accepteriez-vous de manger en farine ou en poudre chacun des insectes suivant? [5. Ceux qui ressemblent aux larves de scarabés (ténébrions)]
FLOUR_FLY	À quel point accepteriez-vous de manger en farine ou en poudre chacun des insectes suivant? [6. Ceux qui ressemblent aux larves de mouches (asticots)]
FLOUR_BEE	À quel point accepteriez-vous de manger en farine ou en poudre chacun des insectes suivant? [7. Ceux qui ressemblent aux larves d'abeilles]
FRAGMENTS	Savez-vous qu'il existe des règlements dictant des quantités d'insectes maximales (fragments) admissibles dans les aliments disponibles sur le marché (par exemple des farines ou des fruits et légumes en conserves)?
SHELF	Face à la présence d'insectes dans un produit alimentaire, où vous attendriez-vous à le retrouver dans le supermarché?
LABEL_NONE	Face à la présence d'insectes dans un produit alimentaire, quelles seraient vos attentes quant à l'affichage du produit? Aucun
LABEL_ING	Liste ingrédients
LABEL_INDICATION	Indication claire
LABEL_COLOR	Code de couleur
LABEL_SEAL	Sceau
FRAME	Selon vous, comment devrait-être encadré la production d'insecte pour l'alimentation humaine?
LOCAL	Préféreriez-vous que le marché des insectes offre des insectes élevés localement à des insectes élevés ailleurs (importés)?
EXOTIC	Préféreriez-vous manger des espèces d'insectes natifs de votre pays de résidence (indigènes) plutôt que des insectes exotiques qui sont couramment consommés ailleurs dans le monde?
DISP_NATURE	Mangeriez-vous des insectes disponibles dans les régions naturelles près de chez vous?
NEAR_CONTROL	Si l'on pouvait élever des insectes qui habitent près de chez vous dans des conditions d'élevage contrôlées, cela augmenterait-il les chances que vous en mangiez?
FOOD_ANY	Selon vous, avec quel type d'aliments devraient être nourris les insectes dédiés à l'alimentation des animaux ou des humains? N'importe quoi qui convient
FOOD_FARM	Directement du site de production
FOOD_TRANSF	Site de transformation
FOOD_DETAIL	Détaillants alimentaires
FOOD_PRE	Résidus pré-conso mmation
FOOD_POST	Résidus post-conso mmation
FOOD_VEGGIE	Aliments végétaux
FOOD_VEGMEAT	Aliments végétaux et animaux
PROD_INT	Si vous deviez vous approvisionner en insectes, quel genre de production privilégieriez-vous pour votre alimentation? Intensif
PROD_NONINT	Non-intensif
PROD_IND	Intérieur
PROD_OUT	Extérieur
PROD_COUNTRYSIDE	Campagne
PROD_CITY	Ville
PROD_DONTCARE	Indifférent
ASFOOD_FISH	Quel animal d'élevage seriez-vous prêt à consommer s'il avait été nourri aux moulées d'insectes? Poisson
ASFOOD_PORK	Porc
ASFOOD_CHICKEN	Poulet
ASFOOD_BEEF	Bœuf
ASFOOD_NONE	Aucun
ASFOOD_VEGE	Végé
PET FOOD	Seriez-vous prêt à remplacer l'alimentation (ou une partie de l'alimentation) de votre animal de compagnie (chien ou chat) avec des produits à base de farine d'insectes ?
GROW	Croyez-vous que l'entomophagie est une pratique qui pourrait prendre de l'ampleur en Amérique du Nord?
GENDER	Vous êtes?
AGE	Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous?
EDUCATION	Quel est le dernier niveau de scolarité que vous avez complété?
LANGUAGE	Quelle est votre langue maternelle?
CITY	Dans quelle ville habitez-vous?
PROV	Dans quel(le) état/province habitez-vous?
COUNTRY	Dans quel pays habitez-vous?
SITUATION	Quelle est votre situation actuelle?
INCOME	Dans quelle tranche votre revenu personnel se situe-t-il?

ANNEXE 8 – VALEURS NUTRITIONNELLES DE DIFFÉRENTS INSECTES

(tiré de Rumpold et Schlüter, 2013)

Tableau : Nutritional composition [%] and energy content [kcal/100 g] of edible insects (based on dry matter)

Edible insects (based on dry matter)	Protein [%]	Fat [%]	Fiber [%]	NFE [%]	Ash [%]	Energy content [Kcal/100 g]	Origin
Blattodea (cockroaches)	57.30	29.90	5.31	4.53	2.94		
<i>Blaberus</i> sp. ¹	43.90	34.20	8.44	10.09	3.33		Mexico; wild
<i>Periplaneta americana</i> L. ¹	65.60	28.20	3.00	0.78	2.48		Mexico; wild
<i>Periplaneta australasiae</i> F. ¹	62.40	27.30	4.50	2.73	3.00		Mexico; wild
Coleoptera (beetles, grubs)	40.69	33.40	10.74	13.20	5.07	490.30	
<i>Analeptes trifasciata</i> ²	29.62	18.39	1.96	43.60	4.21		Nigeria; wild
<i>Aplagiognathus spinosus</i> ³	26.00	36.00	15.00	19.00	3.00		Mexico; wild
<i>Aplagiognathus spinosus</i> ⁴	25.80	36.38	15.01	19.53	3.28	508.30	Mexico; wild
<i>Arophalus rusticus</i> ⁴	20.10	56.06	5.14	17.04	1.66	652.30	Mexico; wild
<i>Callipogon barbatus</i> ³	41.00	34.00	23.00	1.00	2.00		Mexico; wild
<i>Copris nevinsoni</i> Waterhouse ⁵	54.43	13.61	15.15	7.63	9.18		Thailand; wild
<i>Cybister flavocinctus</i> ⁴	69.01	5.64					Mexico; wild
<i>Holotrichia</i> sp. ⁵	51.74	5.41	19.31	11.20	12.34		Thailand; wild
<i>Homolepta</i> sp. ³	54.00	18.00	12.00	10.00	7.00		Mexico; wild
<i>Metamasius spinolae</i> ⁴	69.05	17.44	3.65	9.24	0.62		Mexico; wild
<i>Oileus rimator</i> ³	21.00	47.00	13.00	18.00	2.00		Mexico; wild
<i>Oryctes boas</i> (larvae) ²	26.00	1.50	3.40	38.50	1.50		Nigeria; wild
<i>Oryctes rhinoceros</i> (larvae) ⁶	50.48	0.66		33.25	15.25	342.14	Nigeria; wild
<i>Oryctes rhinoceros</i> (larvae) ⁷	30.15	38.12		17.16	14.13		Nigeria; wild
<i>Oryctes rhinoceros</i> Linnaeus (larvae) ⁸	57.81	0.73	1.40	24.51	15.56		Nigeria; wild
<i>Passalus</i> cf. <i>Punctiger</i> ³	26.00	44.00	15.00	12.00	3.00		Mexico; wild
<i>Phyllophaga</i> sp. ⁴	47.41	18.81	4.17	15.92	13.69	282.74	Mexico; wild
<i>Phyllophaga</i> sp. (larvae) ⁹	42.52	5.72	12.30	15.36	24.10	282.32	Mexico; wild
<i>Rhantus atricolor</i> ⁴	71.10	6.37	12.26	5.67	4.60		Mexico; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (larvae) ²	28.42	31.40	2.82	48.60	2.70		Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (larvae) ¹⁰	41.69	37.12			3.27	478.60	Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (larvae; early stage) ¹¹	10.33	69.78	25.14	5.60	2.69		Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (larvae; late stage) ¹¹	11.47	67.83	18.80	8.54	2.54		Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (larvae) ⁶	35.63	19.50		40.14	4.74	479.14	Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (larvae) ¹²	25.70	59.43	3.67	5.49	5.70		Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> F (larvae) ⁷	22.06	66.61		5.53	5.79		Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (pupae) ¹²	37.57	50.65	2.58	5.98	3.23		Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (adult) ¹¹	8.85	55.04	22.90	15.97	1.43		Nigeria; wild
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (adult) ¹²	35.57	46.69	7.47	4.21	6.06		Nigeria; wild
<i>Scyphophorus acupunctatus</i> ³	36.00	52.00	6.00	6.00	1.00		Mexico; wild
<i>Scyphophorus acupunctatus</i> ⁴	35.49	51.68	5.55	5.86	1.42	555.40	Mexico; wild
<i>Scyphophorus acupunctatus</i> (larvae) ⁹	35.49	50.51	5.55	5.84	2.61	618.78	Mexico; wild
<i>Tenebrio molitor</i> (adult) ¹³	60.20	20.80	16.30	0.01	2.70	427.90	Mexico; reared
<i>Tenebrio molitor</i> (larvae) ¹⁴	47.18	43.08	7.44	0.26	3.08	577.44	USA; reared
<i>Tenebrio molitor</i> (larvae) ¹⁵	49.43	38.07	6.53		2.84		USA; reared
<i>Tenebrio molitor</i> (adults) ¹⁴	65.29	14.88	20.22	3.86	3.31	379.61	USA; reared
<i>Tenebrio molitor</i> (larvae) ¹⁴	49.08	35.17	14.96	7.09	2.36	539.63	USA; reared
<i>Tenebrio molitor</i> (larvae) ¹³	47.70	37.70	5.00	7.10	3.00	554.30	Mexico; reared
<i>Tenebrio molitor</i> (pupae) ¹³	53.10	36.70	5.10	1.90	3.20	550.00	Mexico; reared

Tableau : Nutritional composition [%] and energy content [kcal/100 g] of edible insects (based on dry matter) (suite)

Edible insects (based on dry matter)	Protein [%]	Fat [%]	Fiber [%]	NFE [%]	Ash [%]	Energy content [Kcal/100 g]	Origin
<i>Trichoderes pini</i> ⁴	41.09	36.72	9.37	9.04	3.78	530.96	Mexico; wild
<i>Zophobas morio</i> ¹⁶	43.13	40.80	13.00		3.50		USA; reared
<i>Zophobas morio</i> ¹⁴	46.79	42.04	9.26	2.61	2.38	575.53	USA; reared
Diptera (flies)	49.48	22.75	13.56	6.01	10.31	409.78	
<i>Copestylum haggi & anna</i> ³	37.00	31.00	15.00	8.00	8.00	460.00	Mexico; wild
<i>Drosophila melanogaster</i> ¹⁶	56.25	17.90	16.20		5.20		USA; reared
<i>Ephydra hians</i> ⁴	35.87	35.87	9.75	6.56	12.25	216.94	Mexico; wild
<i>Eristalis</i> sp. ⁴	40.68	11.89	13.27	8.21	25.95		Mexico; wild
<i>Musca domestica</i> (larvae) ¹⁷	63.99	24.31		1.25	5.16	552.40	S. Korea; reared
<i>Musca domestica</i> L. (pupae) ¹⁸	63.10	15.50			5.30		USA; reared
Hemiptera (true bugs)	48.33	30.26	12.40	6.08	5.03	478.99	
<i>Abedus</i> sp. ⁴	67.69	6.20	16.41	6.65	3.05	352.56	Mexico; wild
<i>Acantocephala declivis</i> ³	35.00	45.00	18.00		1.00	547.00	Mexico; wild
<i>Agonoscelis pubescens</i> (Thunberg) ¹⁹	28.20	57.30		4.40	2.50		Sudan, wild
<i>Aspongubus viduatus</i> F. ¹⁹	27.00	54.20		7.00	3.50		Sudan, wild
<i>Axayacatl</i> ⁴	62.80	9.67	10.46	2.47	3.30	346.73	Mexico; wild
<i>Belostoma</i> sp. ⁴	70.87						Mexico; wild
<i>Edessa conspersa</i> ⁴	36.82	45.76	10.00	4.21	3.21		Mexico; wild
<i>Edessa montezumae</i> ⁴	37.52	45.87	10.88	2.08	3.65		Mexico; wild
<i>Edessa petersii</i> ³	37.00	42.00	18.00	1.00	2.00	530.00	Mexico; wild
<i>Edessa</i> sp. ³	33.00	54.00	11.00		1.00	622.00	Mexico; wild
<i>Edessa</i> sp. ⁴	34.24	51.23	9.12	2.01	3.40		Mexico; wild
<i>Edessa cordifera</i> ⁴						622.00	Mexico; wild
<i>Euschistus zopilotensis</i> ⁴						551.08	Mexico; wild
<i>Euschistus egglestoni</i> ³	35.00	45.00	19.00		1.00	548.00	Mexico; wild
<i>Euschistus strennus</i> ⁴	41.84	41.68	13.41	0.01	3.06		Mexico; wild
<i>Euschistus</i> sp. (nymphs, adults) ⁹	37.65	46.72	12.78	3.33	6.83	583.74	Mexico; wild
<i>Hoplophorion monogramma</i> ³	64.00	14.00	18.00	1.00	3.00	394.00	Mexico; wild
<i>Hoplophorion monogramma</i> ⁴	59.57	14.32	23.00	0.54	2.57	394.14	Mexico; wild
<i>Krizousacorixa azteca</i> J ("ahuahutle" eggs) ²⁰	53.60	4.33	3.00	18.07	21.00		Mexico; wild
Ahuahutle (mosquito eggs) ⁴	56.55	4.43	6.22	11.80	21.00	328.99	Mexico; wild
<i>Meimuna opalifera</i> Walker ⁵	47.23	8.53	19.22	15.98	9.04		Thailand; wild
<i>Neortholomus</i> sp. ⁹	48.25	34.51	5.10	9.62	2.42	542.08	Mexico; wild
<i>Pachilis gigas</i> (adults) ³	65.00	19.00	10.00	2.00	3.00	445.00	Mexico; wild
<i>Pachilis gigas</i> (nymphs) ³	63.00	26.00	5.00	2.00	4.00	498.00	Mexico; wild
<i>Pachilis gigas</i> ⁴	65.39	19.43	9.41	2.47	3.30	445.43	Mexico; wild
<i>Proarna</i> sp. ³	72.00	4.00	2.00	18.00	3.00	401.00	Mexico; wild
<i>Umbonia reclinata</i> ³	29.00	33.00	13.00	13.00	11.00	470.00	Mexico; wild
Hymenoptera (ants, bees)	46.47	25.09	5.71	20.25	3.51	484.45	
<i>Apis mellifera</i> (honeybee) ²	21.00	12.30	2.00	73.60	2.20		Nigeria; wild
<i>Apis mellifera</i> (honeybee) ²¹	52.00	7.50	11.10				Canada; reared
<i>Apis mellifera</i> (larvae and pupae) ³	50.00	21.00	3.00	22.00	4.00	475.00	Mexico; wild
<i>Apis mellifera</i> (larvae and pupae) ⁹	50.42	20.59	3.33	22.13	3.53	474.65	Mexico; wild
<i>Apis mellifera</i> (larvae) ³	42.00	19.00	1.00	35.00	3.00	475.00	Mexico; wild
<i>Apis mellifera</i> (larvae) ⁴	41.68	18.82	1.33	34.82	3.35		Mexico; wild
<i>Apis mellifera</i> (pupae) ³	49.00	20.00	3.00	24.00	4.00	476.00	Mexico; wild
<i>Apis mellifera</i> (pupae) ⁴	49.30	20.21	2.67	24.26	3.56	476.00	Mexico; wild
bee brood ²²	40.52	20.26	0.86	34.48	3.45	482.33	USA; reared

Tableau : Nutritional composition [%] and energy content [kcal/100 g] of edible insects (based on dry matter) (suite)

Edible insects (based on dry matter)	Protein [%]	Fat [%]	Fiber [%]	NFE [%]	Ash [%]	Energy content [Kcal/100 g]	Origin
<i>Brachygastra azteca</i> ³	63.00	22.00	3.00	9.00	3.00	481.00	Mexico; wild
<i>Brachygastra mellifica</i> ³	53.00	30.00	3.00	11.00	3.00	522.00	Mexico; wild
<i>Carebara vidua</i> Smith (female) ²³	42.50	49.45	7.19		1.61		Kenya; wild
<i>Liometopum apiculatum</i> H (ant eggs) ²⁰	40.90	33.96	1.30	15.99	7.85		Mexico; wild
<i>Liometopum apiculatum</i> ⁴	37.33	42.13	9.68	7.81	3.05	535.44	Mexico; wild
<i>Liometopum apiculatum</i> (larvae, pupae) ⁹	39.67	36.87	2.44	19.22	1.80	566.36	Mexico; wild
<i>Liometopum occidentale</i> var. <i>Luctuosum</i> ⁴	41.68	36.21	2.10	17.61	2.40		Mexico; wild
<i>Melipona beecheii</i> ³	29.00	41.00	6.00	20.00	3.00	469.00	Mexico; wild
<i>Mischocyttarus</i> sp. ⁴	57.33	24.26	7.68	6.51	4.22		Mexico; wild
<i>Myrmecosistus melliger</i> ³	4.90	6.00	3.00	77.00	4.00	401.00	Mexico; wild
<i>Myrmecosistus melliger</i> ³	9.45	5.80	2.90	77.73	4.12	400.68	Mexico; wild
<i>Myrmecosistus melliger</i> ⁹	9.35	5.90	3.12	77.57	4.02	400.05	Mexico; wild
<i>Oecophylla smaragdina</i> Fabricius (weaver ant) ⁵	53.46	13.46	15.38	11.15	6.55		Thailand; wild
<i>Oecophylla smaragdina</i> Fabricius (queen caste) ⁵	37.46	36.87	8.26	14.43	2.98		Thailand; wild
<i>Pogonomyrmex barbatus</i> ³	45.79	34.25	2.79	7.86	9.31		Mexico; wild
<i>Pogonomyrmex</i> sp. ⁴	46.26					522.77	Mexico; wild
<i>Polistes instabilis</i> ³	31.00	62.00	3.00	2.00	2.00	655.00	Mexico; wild
<i>Polistes canadensis</i> ⁴	61.52	31.07	3.68	1.80	1.93		Mexico; wild
<i>Polistes major</i> ⁴	64.45						Mexico; wild
<i>Polybia</i> sp. (adults) ³	63.00	13.00	15.00	4.00	6.00	473.00	Mexico; wild
<i>Polybia</i> sp. ⁴	57.73	19.22	1.78	20.56	0.71	482.93	Mexico; wild
<i>Polybia</i> sp. (larvae, pupae) ⁹	58.40	17.15	3.23	17.12	4.10	455.60	Mexico; wild
<i>Polybia occidentalis nigratella</i> ³	61.00	28.00	2.00	11.00	3.00	445.00	Mexico; wild
<i>Polybia occidentalis nigratella</i> ⁴	61.21	27.03	1.97	6.59	3.20	444.80	Mexico; wild
<i>Polybia occidentalis nigratella</i> (larvae, pupae) ⁹	61.10	22.94	1.95	11.01	3.00	494.00	Mexico; wild
<i>Polybia occidentalis bohemani</i> ³	62.00	19.00	4.00	13.00	3.00	466.00	Mexico; wild
<i>Polybia occidentalis bohemani</i> ⁴	61.57	18.74	3.53	12.70	3.46		Mexico; wild
<i>Polybia parvulina</i> ³	61.00	21.00	6.00	8.00	4.00	462.00	Mexico; wild
<i>Polyrhachis vicina</i> Roger (from Zhejiang) ²⁴	36.12	18.00	29.13	14.22	2.52		China; reared
<i>Polyrhachis vicina</i> Roger (from Guizhou) ²⁴	45.40	17.40	28.88	4.16	4.16		China; reared
<i>Trigona</i> sp. ³	28.00	41.00	6.00	21.00	3.00	593.00	Mexico; wild
<i>Vespula squamosa</i> ³	63.00	22.00	3.00	10.00	3.00	490.00	Mexico; wild
<i>Vespula</i> sp. ⁴	52.84	29.66	3.02	11.04	3.44		Mexico; wild
Isoptera (termites)	35.34	32.74	5.06	22.84	5.88		
<i>Macrotermes bellicosus</i> ²⁵	34.80	46.10			10.20		Nigeria; wild
<i>Macrotermes natalensis</i> Haviland (alate caste) ²⁶	65.62	21.35	7.85	1.13	4.05		Nigeria; wild
<i>Macrotermes nigeriensis</i> ²⁷	23.47	38.37	6.40	23.25	8.52		Nigeria; wild
<i>Macrotermes notalensis</i> ²	22.10	22.50	2.20	42.80	1.90		Nigeria; wild
<i>Termes</i> sp. ⁵	42.63	36.55	6.14	12.34	2.34		Thailand; wild
Lepidoptera (butterflies, moths)	45.38	27.66	6.60	18.76	4.51	508.89	
<i>Aegiale (Acentrocne) hesperiaris</i> ³	40.00	30.00	5.00	21.00	3.00	593.00	Mexico; wild
<i>Aegiale (Acentrocne) hesperiaris</i> ⁴	40.34	29.85	4.66	21.29	3.86	592.50	Mexico; wild
<i>Aegiale hesperiaris</i> k (maguey grub) ²⁰	30.88	58.55	0.12	8.16	2.29		Mexico; wild
<i>Aegiale hesperiaris</i> (larvae) ⁹	40.24	29.45	5.27	19.89	5.15	504.63	Mexico; wild
<i>Anaphe infracta</i> (caterpillars) ²	20.00	15.20	2.40	66.10	1.60		Nigeria; wild
<i>Anaphe</i> spp. (caterpillars) ²	18.90	18.60	1.68	46.80	4.10		Nigeria; wild
<i>Anaphe venata</i> (caterpillars) ²	25.70	23.21	2.30	55.60	3.20		Nigeria; wild
<i>Anaphe venata</i> (larvae) ²⁸	60.03	23.22			3.21	610.00	Nigeria; wild

Tableau : Nutritional composition [%] and energy content [kcal/100 g] of edible insects (based on dry matter) (suite)

Edible insects (based on dry matter)	Protein [%]	Fat [%]	Fiber [%]	NFE [%]	Ash [%]	Energy content [Kcal/100 g]	Origin
<i>Arsenura armida</i> ³	52.00	8.00	12.00	20.00	8.00	356.00	Mexico; wild
<i>Bombyx mori</i> (spent pupae) ²⁹	48.70	30.10			8.60		India; reared
<i>Bombyx mori</i> (larvae) ¹⁴	53.76	8.09	6.36	25.43	6.36	389.60	USA; reared
<i>Bombyx mori</i> (larvae) ¹⁵	69.84	9.52	5.95		11.11		USA; reared
<i>Brunaea alcinoe</i> (caterpillars) ²⁶	74.34	14.10	5.55	3.16	2.85		Nigeria; wild
<i>Catacticta teutila</i> ³	60.00	19.00	7.00	7.00	7.00	438.00	Mexico; wild
<i>Catacticta teutila</i> ⁴	59.76	19.16	7.28	6.71	7.09	438.20	Mexico; wild
<i>Cirina forda</i> Westwood (larvae) ³⁰	33.12	12.24	9.40	38.12	7.12	359.00	Nigeria; wild
<i>Cirina forda</i> Westwood (caterpillars) ²⁶	74.35	14.30	6.01	2.36	3.10		Nigeria; wild
<i>Cirina forda</i> (caterpillar) ²	20.20	14.20	1.80	66.60	1.50		Nigeria; wild
<i>Cirina forda</i> (Westwood) (larvae flour) ³¹	20.94	13.09		56.86	9.11		Nigeria; wild
<i>Cirina forda</i> (Westwood) (larvae) ³²	62.25	5.25		20.98	11.51		Nigeria; wild
<i>Eucheira socialis</i> ⁴	48.78	22.71	9.98	15.19	3.34	438.80	Mexico; wild
<i>Eucheria socialis</i> ³	47.00	16.00	9.00	22.00	7.00	439.00	Mexico; wild
<i>Galleria mellonella</i> (larvae) ¹⁵	38.80	58.55	8.92		2.17		USA; reared
<i>Galleria mellonella</i> ¹⁶	41.25	51.40	12.10		3.30		USA; reared
<i>Galleria mellonella</i> ¹⁴	33.98	60.00	19.52	3.37	1.45	650.13	USA; reared
<i>Heliothis zea</i> ³	42.00	29.00	4.00	21.00	4.00	513.00	Mexico; wild
<i>Heliothis zea</i> ⁴	41.98	29.00	4.14	21.02	3.86	512.82	Mexico; wild
<i>Hylesia frigida</i> ³	42.00	10.00	12.00	29.00	7.00	372.00	Mexico; wild
<i>Imbrasia belina</i> (larvae) ⁷	54.26	23.38		10.98	11.38		Nigeria; wild
<i>Imbrasia oyemensis</i> (caterpillars) ³³	61.59	25.36			2.78		Ivory Coast; wild
<i>Imbrasia opimethea</i> (caterpillars) ³⁴	62.47	13.33			3.98		Zaire; wild
<i>Imbrasia truncata</i> (caterpillars) ³⁴	64.72	16.40			3.99		Zaire; wild
<i>Laniifera cyclades</i> ⁴	45.85	30.34	4.97	14.22	4.62	513.34	Mexico; wild
<i>Laniifera cyclades</i> (larvae) ⁹	45.50	30.49	4.87	14.34	4.77	512.83	Mexico; wild
<i>Latebraria amphipyrioides</i> ³	57.00	7.00	29.00	1.00	6.00	293.00	Mexico; wild
<i>Nudaurelia oyemensis</i> (caterpillars) ³⁴	61.08	12.15			3.76		Zaire; wild
<i>Phasus</i> sp. ⁴	32.73	60.35	4.10	1.13	1.69		Mexico; wild
<i>Phasus triangularis</i> ³	15.00	77.00	4.00	2.00	2.00	762.00	Mexico; wild
<i>Phasus triangularis</i> ⁴	13.17	77.17	5.31	3.00	1.35	776.85	Mexico; wild
<i>Samia ricinii</i> (prepupae grown on castor leaves) ³⁵	54.20	26.20	3.26	3.26	4.00	459.69	India; reared
<i>Samia ricinii</i> (prepupae grown on tapioca leaves) ³⁵	54.00	26.20	3.14	3.14	4.10	461.84	India; reared
<i>Samia ricinii</i> (pupae grown on castor leaves) ³⁵	54.60	26.20	3.45	3.45	3.80	468.05	India; reared
<i>Samia ricinii</i> (pupae grown on tapioca leaves) ³⁵	54.80	25.00	3.62	3.58	4.20	459.21	India; reared
<i>Xyleutes redtembacheri</i> ³	43.00	48.00	6.00	1.00	2.00	614.00	Mexico; wild
Odonata (dragonflies, damselflies)	55.23	19.83	11.79	4.63	8.53	431.33	
<i>Aeschna multicolor</i> ⁴	54.24	16.72	9.96	6.23	12.85		Mexico; wild
<i>Anax</i> sp. ⁴	56.22	22.93	13.62	3.02	4.21	431.33	Mexico; wild
Orthoptera (crickets, grasshoppers, locusts)	61.32	13.41	9.55	12.98	3.85	426.25	
<i>Acheta domesticus</i> (adults) ¹⁶	64.38	22.80	19.10		5.10		USA; reared
<i>Acheta domesticus</i> (adults) ¹⁴	66.56	22.08	22.08	2.60	3.57	455.19	USA; reared
<i>Acheta domesticus</i> (adults) ¹⁵	70.75	18.55	16.35		5.03		USA; reared
<i>Acheta domesticus</i> (juvenile crickets) ¹⁶	55.00	9.80	16.40		9.10		USA; reared
<i>Acheta domesticus</i> (nymphs) ¹⁴	67.25	14.41	15.72	3.93	4.80	414.41	USA; reared
<i>Acheta domesticus</i> (nymphs) ¹⁵	70.56	17.74	14.92		4.84		USA; reared
<i>Acheta domestica</i> L. ¹	64.10	24.00	6.20	2.12	3.55		Mexico; wild
<i>Acrida exaltata</i> ³⁶	64.46	7.07	7.73	3.64	4.98	495.00	India; wild

Tableau : Nutritional composition [%] and energy content [kcal/100 g] of edible insects (based on dry matter) (suite)

Edible insects (based on dry matter)	Protein [%]	Fat [%]	Fiber [%]	NFE [%]	Ash [%]	Energy content [Kcal/100 g]	Origin
<i>Arphia fallax</i> S. ¹	71.30	6.52	11.58	8.11	2.41		Mexico; wild
<i>Brachytrupes</i> sp. ¹	61.20	18.70	7.42	7.60	5.05		Mexico; wild
<i>Boopeton</i> af. <i>Flaviventris</i> ⁴	75.95	8.43	10.35	2.32	2.95		Mexico; wild
<i>Boopeton flaviventris</i> B. ¹	59.30	11.00	10.10	16.59	2.98		Mexico; wild
<i>Conocephalus triops</i> L. ¹	71.00						Mexico; wild
<i>Hieroglyphus banian</i> ³⁶	63.61	7.15	7.16	4.81	4.86	566.00	India; wild
<i>Idiarthron subquadratum</i> S. & P. ¹	65.20	8.17	11.10	4.42	3.79		Mexico; wild
<i>Melanoplus mexicanus</i> ⁴	77.13	4.22	12.17	4.04	2.44		Mexico; wild
<i>Melanoplus mexicanus</i> ¹	58.90	11.00	10.01	16.50	3.94		Mexico; wild
<i>Melanoplus</i> sp. ⁴	62.93					376.00	Mexico; wild
<i>Melanoplus femurrubrum</i> (nymphs, adults) ⁹	77.00	4.20	12.10	4.08	2.59	361.46	Mexico; wild
<i>Oxya fuscovittata</i> ³⁶	63.96	6.49	7.51	7.51	5.01	465.00	India; wild
<i>Romalea</i> sp. ¹	75.30	12.30	9.73	0.19	4.25		Mexico; wild
<i>Romalea colorata</i> S. ¹	72.70	16.30	6.33	0.00	4.64		Mexico; wild
<i>Ruspolia differens</i> (brown) ³⁷	44.30	46.20	4.90		2.60		Kenya; wild
<i>Ruspolia differens</i> (green) ³⁷	43.10	48.20	3.90		2.80		Kenya; wild
<i>Schistocerca</i> sp. ³	61.00	17.00	10.00	7.00	4.60	427.00	Mexico; wild
<i>Schistocerca</i> sp. ⁴	61.10	17.00	10.00	7.00	4.60		Mexico; wild
<i>Spathosternum prasiniferum prasiniferum</i> ³⁶	65.88	8.11	6.96	6.36	5.11	550.00	India; wild
<i>Sphenarium borrei</i> B. ¹	63.70	10.40	9.81	12.40	3.96		Mexico; wild
<i>Sphenarium histrio</i> ³	77.00	4.00	12.00	4.00	2.00	363.00	Mexico; wild
<i>Sphenarium histrio</i> ⁴	74.78	8.63	10.53	2.59	3.47		Mexico; wild
<i>Sphenarium histrio</i> (nymphs, adults) ⁹	71.15	6.72	11.79	8.01	2.30	376.43	Mexico; wild
<i>Sphenarium mexicanum</i> S. ¹	62.10	10.80	4.06	22.64	0.34		Mexico; wild
<i>Sphenarium purpurascens</i> ²⁰	71.50	5.75	3.89	16.36	2.50		Mexico; wild
<i>Sphenarium purpurascens</i> ³	56.00	11.00	9.00	21.00	3.00	404.00	Mexico; wild
<i>Sphenarium purpurascens</i> ⁴	52.60	19.56	11.04	14.49	2.31	404.44	Mexico; wild
<i>Sphenarium purpurascens</i> Ch. ¹	65.20	10.80	9.41	11.63	2.95		Mexico; wild
<i>Sphenarium</i> sp. ⁴	67.02	7.91	10.67	8.12	6.28	393.04	Mexico; wild
<i>Sphenarium</i> spp. ³	68.00	12.00	11.00	5.00	5.00	390.00	Mexico; wild
<i>Sphenarium</i> spp. ¹	67.80	11.50	10.51	4.65	4.87		Mexico; wild
<i>Taeniopoda auricornis</i> W. ¹	63.00	10.20	8.34	14.52	3.97		Mexico; wild
<i>Taeniopoda</i> sp. ¹	71.00	5.85	10.56	9.59	2.95		Mexico; wild
<i>Trimerotropis pallidipennis</i> ⁴	62.93	22.20	7.63	2.63	4.79		Mexico; wild
<i>Trimerotropis</i> sp. ⁴	65.13	7.02	10.20	13.87	3.78	379.06	Mexico; wild
<i>Trimerotropis</i> sp. ¹	65.10	7.02	10.20	10.20	3.78		Mexico; wild
<i>Zonocerus variegatus</i> (adult) ¹	62.73	2.49	3.61	29.40	4.11		Nigeria; wild
<i>Zonocerus variegatus</i> ²	26.80	3.80	2.40	63.20	1.20		Nigeria; wild

NFE, nitrogen-free extract, i.e., carbohydrates (NFE = 100% – (protein + crude fat + ash + crude fiber + moisture).

1 [14]; 2 [12]; 3 [1]; 4 [11]; 5 [13]; 6 [19]; 7 [17]; 8 [18]; 9 [15]; 10 [28]; 11 [26]; 12 [29]; 13 [8]; 14 [16]; 15 [47]; 16 [40]; 17 [23]; 18 [53]; 19 [54] 20 [10]; 21 [22]; 22 [55]; 23 [56]; 24 [9]; 25 [30]; 26 [2]; 27 [57]; 28 [58]; 29 [21]; 30 [59]; 31 [60]; 32 [46]; 33 [61]; 34 [62]; 35 [63]; 36 [64]; 37 [65].

ANNEXE 9 – PRIX DES PRODUITS UTILISÉS À TITRE COMPARATIF AVEC LES PRODUITS D'INSECTES

En date du 18 novembre 2016.

Farines :



Barres protéinées :



Mélanges de noix :



ANNEXE 10 – LISTE DES INTERVENANTS CONTACTÉS

Nom	Entreprise	Type	Poste
Sonia Plante	Virebebitte	Production	Propriétaire – fondatrice
Marie-Loup Tremblay	Uka Protéines	Transformation	Propriétaire – fondatrice
Étienne Normandin	La Ferme d’Insectes	Production	Propriétaire – fondateur
Laura Shine	Université de Concordia	Recherche	Chercheuse au doctorat
Emmanuel Caron-Garant	ND	Production et transformation	Entrepreneur
Judith Beaudoin	Krikk	Production	Propriétaire – fondatrice